ANNALES DE L'AMÉLIORATION DES PLANTES

VOLUME 16 1966 NUMÉRO 2
TRIMESTRIEL

INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE

AAP16.2

AVIS AUX LECTEURS

Les Annales publiées par l'I. N. R. A. comportent les huit séries suivantes :

ANNALES AGRONOMIQUES. — Agronomie générale et science du sol. — 6 fascicules par an.
ANNALES DE PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — 4 fascicules par an.
ANNALES DE L'AMÉLIORATION DES PLANTES. — 4 fascicules par an.
ANNALES DES ÉPIPHYTIES. — Pathologie végétale, zoologie agricole, phytopharmacie. — 4 fascicules par an.
ANNALES DE L'ABEILLE. — 4 fascicules par an.
ANNALES DE ZOOTECHNIE. — 4 fascicules par an.
ANNALES DE TECHNOLOGIE AGRICOLE. — 4 fascicules par an.
ANNALES DE BIOLOGIE ANIMALE, BIOCHIMIE, BIOPHYSIQUE. — 4 fascicules par an.

AUTRES PUBLICATIONS RÉCENTES de l'I. N. R. A.

Monographie des principales variétés de Pêchers. Période d'études : 1950-1962, par **J. Hugard** et **R. Saunier.**
368 p., 1966 ..... Franco **48,00** F

Étude des communautés mycopéricarpiques du caryopse de blé, par **J. Ponchet.**
111 p., 1966 ..... Franco **16,00** F

Contribution à l'étude des protéines de Blé. Influence des facteurs génétiques, agronomiques et technologiques, par **P. Feillet.**
94 p., 1965 ..... Franco **16,00F**

Quelques aspects des relations nutritionnelles entre la gestation et la lactation chez la Truie, par **E. Salmon-Legagneur.**
137 p., 1965 ..... Franco **21,00** F

Physiologie nutritionnelle et sevrage des Porcelets. Séminaire international organisé par l'Institut national de la Recherche agronomique. Paris, 23-25 septembre 1964, publié par **E. Salmon-Legagneur** et **A. Aumaître,**
236 p., 1965 ..... Franco **24,00** F

Compte rendu du colloque sur « le problème des oiseaux sur les aérodromes ». Nice, 25-27 novembre 1963, publié par **R. G. Busnel** et **J. Giban.**
328 p., 1965 ..... Franco **42,00** F

La classification des minéraux argileux, par **G. Pedro.**
108 p., 1965 ..... Franco **23,00** F

Identification d'une nouvelle maladie à virus de la vigne « la flavescence dorée ». Étude des phénomènes de localisation des symptômes et de rétablissement, par **A. Caudwell.**
193 p., 1965 ..... Franco **25,00** F

Les variétés d'Avoine cultivées en France, par **C. Moule.**
404 p., 1964 ..... Franco **53,00** F

L'eau et la production végétale.
450 p., 1963 ..... Franco **40,00** F

Les maladies des plantes maraîchères. Volume I, par **C. M. Messiaen** et **R. Lafon.**
153 p., 57 fig., 1963 ..... Franco **21,00** F

Les maladies des plantes maraîchères. Volume II, par **C. M. Messiaen** et **R. Lafon.**
176 p., 57 fig., 1965 ..... Franco **26,00** F

Les commandes doivent être adressées au Service des Publications de l'Institut national de la Recherche agronomique, route de Saint-Cyr, 78-Versailles.

Règlement : par chèque bancaire à l'ordre du Régisseur des Publications, par virement postal à son compte courant : Paris 9064-43 sans mentionner d'adresse ou par bons U. N. E. S. C. O.

Les demandes peuvent êtres souscrites également par l'intermédiaire des libraires dans les conditions habituelles.

A Paris, bureau de vente 11, rue Jean Nicot (7e)

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE AGRONOMIQUE
Chaire d'Agriculture
GRIGNON

ANNALES DE L'AMÉLIORATION DES PLANTES

VOLUME 16 1966 NUMÉRO 2

Reproduction, même partielle, interdite sans autorisation des auteurs et de l'Institut national de la Recherche agronomique, à l'exception des sommaires et résumés.

Ann. Amélior. Plantes, 1966, **16** (2), 123-134.

INFLUENCE DES FACTEURS DU MILIEU SUR L'EXPRESSION DE LA SEXUALITÉ DU CHANVRE MONOÏQUE (*CANNABIS SATIVA* L.)

II. — Action de la nutrition azotée [1]

M. ARNOUX

avec la collaboration technique de H. Blayac [2] et L. Claparède

Station d'Amélioration des Plantes,
Centre de Recherches agronomiques du Midi,
École nationale supérieure agronomique, 34 - Montpellier

SOMMAIRE

L'influence de la nutrition azotée sur l'expression de la sexualité du chanvre monoïque est étudiée au cours de trois expériences successives. Réalisées chaque fois en milieu synthétique, selon la technique des « cultures sans sol », ces expériences ont permis d'éprouver l'action de différentes solutions nutritives de concentration en azote variée.

Les observations recueillies montrent que cet élément nutritif agit pour modifier fortement le phénotype sexuel sous lequel s'exprime un génotype monoïque de chanvre. Mais, à l'opposé de toutes les opinions émises jusqu'à présent, l'azote n'a pas une action « féminisante » : il intervient au contraire pour « masculiniser » le phénotype sexuel en stimulant l'organogénèse des fleurs mâles.

INTRODUCTION

Les cultures françaises de chanvre, *Cannabis sativa* L. connaissent actuellement une nouvelle expansion. Celle-ci est favorisée par la mise au point de techniques d'exploitation originales aboutissant à une mécanisation intégrale de tous les travaux culturaux. Elle est stimulée en outre par l'apparition de débouchés industriels nouveaux, notamment dans la fabrication de pâtes à papier. Elle est permise enfin

(1) La première partie a paru dans Ann. Amélior. Plantes, 1963, **13** (1), 27-49.
(2) Agent de la Fédération Nationale des Producteurs de Chanvre.

par l'obtention récente de variétés modernes, caractérisées par la présence de fleurs mâles et de fleurs femelles sur un même individu. Cet état sexuel monoïque élimine les différences biologiques et technologiques qui existent chez les populations à sexe séparé des types dioïques anciens. De plus, toutes les tiges sont fructifères : une meilleure productivité en graines, utilisables dans l'industrie des corps gras, vient ainsi s'ajouter à la productivité normale en fibres textiles ou papetières. Ces variétés monoïques modernes, à débouché mixte, représentent donc dans le domaine agronomique une amélioration incontestable du matériel végétal traditionnel.

Mais l'expression de la sexualité d'un génotype monoïque de chanvre est susceptible de varier de façon très importante sous l'influence des conditions du milieu de végétation. Ce phénomène rend très difficile la réalisation de travaux de génétique et de sélection sur cette espèce ; il peut en outre intervenir pour transformer la valeur agronomique même d'un type donné, lorsque celui-ci est placé dans des conditions de milieu différentes de celles où il est normalement exploité.

C'est ainsi, par exemple, que plusieurs cas de « masculinisation » du phénotype sexuel d'une variété monoïque ont été observés à la suite du déplacement géographique de l'aire de culture de cette variété. Le nombre de fleurs mâles devient alors très grand et le rendement en graines, facteur important de la rentabilité de la culture est diminué dans des proportions très importantes et inacceptables.

Le rôle joué dans ce phénomène par chacun des principaux facteurs du milieu est encore fort mal connu. Dans une précédente publication (ARNOUX, 1963) quelques précisions ont été apportées sur le rôle joué par le principal agent généralement mis en cause : *le cycle photopériodique*. Le présent mémoire rapporte les résultats de recherches ultérieures entreprises sur l'action de la *nutrition azotée* que de nombreux auteurs rendent également responsable des modifications observées dans le phénotype sexuel du chanvre.

DONNÉES BIBLIOGRAPHIQUES

L'action de la « nature du sol » sur l'expression de la sexualité des plantes supérieures a été étudiée au XIX^e^ siècle par les botanistes et les physiologistes et il existe de nombreux travaux sur ce sujet. L'opinion généralement émise peut se résumer ainsi : un sol « riche », favorise l'expression du sexe femelle ; à l'opposé, un sol « pauvre » conditionne une expression sexuelle mâle anormalement élevée.

Pour le chanvre, les recherches ont porté uniquement sur des formes dioïques. MOLLIARD (1897), dans des conditions de milieu « défavorables pour les organes végétatifs », observe 425 femelles pour 100 mâles au lieu de l'égalité attendue. Cet auteur conclut qu'une grande partie des plantes femelles sont en fait des « mâles transformés » et veut en trouver la preuve dans l'existence de fleurs intersexuées. Ses observations sont en contradiction avec l'hypothèse qu'une nutrition réduite favorise l'expression du sexe mâle. Mais cette expérience a été réalisée l'hiver, en serre, et il est probable que les « mauvaises conditions de milieu » incriminées ne résultent pas d'un sol « pauvre », mais d'un cycle photopériodique à jours courts féminisant le phénotype sexuel. Il ne parait donc pas possible de retenir les conclusions des travaux de MOLLIARD.

SPRECHER (1913) examine 30 000 plantes de chanvre ayant végété sur des sols traités différemment et constate des écarts par rapport aux taux sexuels observés dans une culture normale. Cet auteur élimine cependant l'hypothèse que la détermination du sexe proprement dite puisse être influencée par la nature du sol et explique les différences constatées par une aptitude à la survie différente chez les deux sexes.

SCHAFFNER (1925) suggère qu'un sol riche peut avoir un effet complémentaire à celui des jours courts, en provoquant une transition de l'état mâle vers l'état femelle. MAEKAWA (1929) considère comme possible qu'un sol « pauvre » puisse d'abord favoriser une expression sexuelle mâle. BOSE

(1930) rapporte quelques comptages réalisés dans un champ ayant bénéficié de fumures différentes : les parcelles avec azote ont un pourcentage de mâles plus faible que les parcelles témoins. Le rapport plants mâles/plants femelles varie de 1/0,92 pour les témoins à 1/1,27 pour les parcelles traitées avec du sulfate d'ammoniaque. Le superphosphate donne des taux intermédiaires.

TIBEAU (1936) décrit les résultats d'expériences réalisées en milieu artificiel : végétant sur un substrat inerte, le chanvre reçoit des solutions nutritives de composition variée. Étudiant avant tout l'action des différents éléments sur la croissance du chanvre, TIBEAU constate également des variations importantes dans le sex-ratio du chanvre dioïque utilisé. Lorsque les plantes sont alimentées par exemple avec une solution de KNOP classique, l'auteur observe 65 p. 100 de femelles pour 35 p. 100 de mâles. Si la teneur en azote de cette solution est huit fois plus élevée, tous les individus sont femelles. A l'opposé, si la solution de KNOP ne contient pas d'azote, tous les plants sont mâles. Enfin des teneurs variables en potasse, en magnésie et même en calcium ont pour conséquence des rapports sexuels différents.

Plus récemment, C. A. BLACK (1945), a étudié l'action de l'azote, de l'acide phosphorique et de la potasse sur le phénotype sexuel du chanvre dioïque, en réalisant pendant deux années consécutives, en plein champ, des essais factoriels où chaque élément est étudié d'une part séparément, d'autre part en combinaison avec chacun des deux autres, et ceci en utilisant deux doses différentes. Le résultat final de ces essais ne met en évidence aucune différence significative entre les traitements, le taux de plants mâles et femelles étant chaque fois de l'ordre de 50 p. 100.

De nombreux travaux ont par ailleurs étudié l'action des éléments nutritifs du sol sur le phénotype sexuel d'espèces autres que le chanvre et notamment des espèces monoïques ou hermaphrodites : *Humulus* sp., *Mercurialis* sp., *Spinacia* sp., *Thalictrum* sp., *Ariasena* sp., *Cucumis sativus*, *Zea mays*, *Begonia semperflorens*, *Cleome spinosa*, *Lycopersicum esculentum*, etc.

Les résultats de ces études montrent, dans la plupart des cas, que les éléments minéraux du sol, sous certaines circonstances, sont capables de modifier le phénotype sexuel de plantes dioïques, monoïques ou hermaphrodites. D'une façon générale, il semble établi qu'*un substrat convenablement irrigué et riche en azote favorise la formation de fleurs femelles et inhibe l'apparition de fleurs mâles*. A l'opposé, un substrat sec et pauvre en azote, agira pour « masculiniser » le phénotype sexuel.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Une seule variété a été systématiquement utilisée dans nos travaux : il s'agit du type monoïque *C. 63*. D'origine américaine, ce type tardif arrive normalement au stade pleine floraison 130 jours environ après sa levée dans les conditions normales de culture de Montpellier, pour un semis réalisé vers le 20 avril. Il présente alors régulièrement 9 à 10 p. 100 d'individus à phénotype sexuel femelle pour 90 p. 100 environ d'individus à phénotype monoïque.

L'influence de la nutrition azotée sur l'expression de la sexualité du type *C. 63* a été éprouvée au cours de trois expériences successives : deux d'entre elles ont été réalisées en serre, l'hiver, tandis que la troisième a été conduite l'été, dans les conditions normales d'un champ de culture.

Toutes ces expériences ont été réalisées en milieux synthétiques selon la technique des « cultures sans sol ». Dans chaque cas en effet, les graines de *C. 63* sont semées sur un substratum inerte, régulièrement baigné ou arrosé ensuite par des solutions nutritives préparées à partir d'eau déminéralisée et de produits chimiques rigoureusement purs. Avec le contrôle de la nutrition, cette technique a permis d'étudier l'influence de l'alimentation azotée, ce qui est normalement très difficile ou impossible dans le sol du fait de l'activité microbienne. Différentes solutions nutritives ont été établies de façon telle que seules les concentrations en azote nitrique varient de façon importante et puissent être rendues responsables des modifications éventuelles du phénotype sexuel de *C. 63*.

Le *substratum* employé est un sable blanc de carrière d'une granulométrie moyenne d'environ 1 millimètre. Il possède une porosité satisfaisante et présente une inertie chimique totale. Pour chaque traitement, ce substrat est placé dans un pot d'argile d'un volume de 7 litres, enduit sur sa face interne d'un goudron inerte ne réagissant pas avec les solutions.

Pour les expériences réalisées en serre, et dans le but d'éviter une mise à fleur rapide sous l'influence des jours courts de l'hiver, un apport lumineux complémentaire de la longueur du jour à été systématiquement appliqué à tous les traitements. Cet apport lumineux est fourni par des batteries de 5 lampes à fluorescence Philips TLF, 65 watts, « blanc brillant de luxe », conditionnant une intensité d'environ 5 000 lux au niveau des apex. Il est appliqué de façon telle que tous les individus végètent dans un cycle quotidien comprenant 16 heures de lumière pour 8 heures d'obscurité. La mise à fleur est ensuite induite par réduction à 10 heures de la durée de jour quotidienne.

Au cours de la deuxième expérience, réalisée de mai à septembre, les plantes ont bénéficié du cycle photopériodique normal de l'été. Les pots remplis de sable ont simplement été enterrés dans un champ de culture de la station.

Les *solutions nutritives* éprouvées ont varié d'une expérience à l'autre. Elles ont représenté au total six formules différentes, équilibrées chacune comme l'indique le tableau I où les quantités d'éléments majeurs sont exprimées en milliéquivalents par litre.

TABLEAU I

Équilibre des différentes solutions
(éléments majeurs en méq. par litre)

Solution 1 : 1 méq. d'azote/litre

	SO_4	PO_4	NO_3	Cl
Mg	2,0			
Ca			1,0	2,0
K		1,0		

Solution 2 : 3 méq. d'azote/litre

	SO_4	PO_4	NO_3
Mg	2,0		
Ca			3,0
K		1,0	

Solution 3 : 5 méq. d'azote/litre

	SO_4	PO_4	NO_3
Mg	2,0		
Ca			5,0
K		1,0	

Solution 4 : 6 méq. d'azote/litre

	SO_4	PO_4	NO_3
Mg	2,0		
Ca			5,0
K		1,0	1,0

Solution 5 : 7 méq. d'azote/litre

	SO_4	PO_4	NO_3
Mg	2,0		
Ca			6,0
K		1,0	1,0

Solution 6 : 12 méq. d'azote/litre

	SO_4	PO_4	NO_3
Mg	2,0		
Ca			9,0
K		1,0	3,0

Chacune de ces formules est en outre systématiquement complétée (10 cm^3 pour 50 litres) par une solution contenant les quantité suivantes d'éléments mineurs :

Manganèse	200 γ/litre
Zinc	200 γ/litre
Bore	100 γ/litre
Cuivre.....	50 γ/litre
Fer	800 γ/litre

RÉSULTATS

I. — *Première expérience*

Trois traitements avec 5 répétitions ont été éprouvés au cours de la première expérience, réalisée en serre pendant l'hiver 1961-1962. Ces traitements correspondent aux solutions 2, 4 et 6 du tableau 1, dont les concentrations en azote sont les suivantes :

3 milliéquivalents d'azote/litre
6 milliéquivalents d'azote/litre
12 milliéquivalents d'azote/litre

L'apport de ces solutions a été réalisé par percolation en donnant en moyenne, chaque jour et à chaque pot, les quantités suivantes :

25 à 50 cm³ pendant le premier mois de végétation,
75 cm³ pendant les 2 et 3e mois de végétation,
120 à 150 cm³ pendant le 4e mois de végétation,
200 cm³ pendant le 5e mois de végétation.

Le semis est réalisé le 13 décembre 1961 et la floraison est artificiellement induite en mai 1962. Elle donne alors lieu aux observations rapportées dans le tableau 2. (A)

TABLEAU 2

Pourcentages observés d'individus monoïques et femelles

		Équilibre des solutions	Nombre total de plantes	Hauteur moyenne des plantes en cm	Pourcentage d'individus	
					monoïques	femelles
A	Première expérience	3 m.e. d'azote/litre ..	352	42	42	58
		6 m.e. d'azote/litre ..	327	51	57	43
		12 m.e. d'azote/litre ..	299	70	70	30
B	Deuxième expérience	3 m.e. d'azote/litre ..	557	65	17	83
		6 m.e. d'azote/litre ..	512	85	29	71
		12 m.e. d'azote/litre ..	569	115	54	46
C	Troisième expérience	1 m.e. d'azote/litre ..	426	42	44	56
		3 m.e. d'azote/litre ..	426	88	52	48
		5 m.e. d'azote/litre ..	412	116	58	42
		7 m.e. d'azote/litre ..	396	132	62	38

Pour les deux premières expériences, les différences entre les pourcentages observés d'individus monoïques sont hautement significatives au seuil de 0,05.

Pour la troisième expérience, au seuil de probabilité de 0,05, la plus petite différence significative entre les pourcentages d'individus monoïques est de 5 p. 100

II — *Deuxième expérience*

Le même dispositif expérimental est à nouveau utilisé et les mêmes traitements ont été éprouvés en portant toutefois à 9 le nombre de répétitions. Mais cette expérience a été réalisée en plaçant les pots en plein champ, dans les conditions climatiques normales du cycle végétatif du chanvre.

Le semis a été pratiqué en effet le 26 mai 1962 et le stade pleine floraison a été atteint fin septembre. Dans ces conditions, la croissance du chanvre s'est révélée nettement supérieure à celle observée l'hiver en serre et en conséquence les quantités de solution apportées chaque jour, dans chaque pot, ont été plus élevées. Elles ont varié de 200 cm^3 environ pendant le premier mois de végétation à 1 500 cc pendant le 4^e mois.

Le tableau 2 (B) rapporte les principales observations effectuées au cours de cette expérience.

La lecture du tableau 2 conduit a une première conclusion dont l'évidence est indiscutable : quelles que soient les conditions de l'expérience, aussi bien l'hiver en serre que l'été en plein champ, la nutrition azotée fournie à une population de chanvre monoïque est suceptible de modifier fortement l'expression de la sexualité de cette population. La proportion d'individus monoïques croit en effet lorsque la concentration en azote de la solution nutritive augmente. On constate ainsi une « masculinisation » du phénotype sexuel sous l'influence de doses croissantes d'azote. Ces observations sont en contradiction avec les données bibliographiques précédemment résumées.

Aussi une troisième expérience a-t-elle été mise en place, destinée à vérifier ces résultats tout en contrôlant mieux certaines conditions expérimentales.

III — *Troisième expérience*

Conduit en serre au cours de l'hiver 1962-1963, cet essai a étudié l'influence des solutions n^o 1, 2, 3 et 5 du tableau 1, correspondant aux concentrations en azote suivantes :

1 milliéquivalent d'azote/litre
3 milliéquivalent d'azote/litre
5 milliéquivalent d'azote/litre
7 milliéquivalent d'azote/litre

Chacune de ces solutions est appliquée à 24 pots, soit un total de 96 pots pour l'ensemble de l'essai. Chaque pot reçoit un même volume de sable inerte dans lequel 9 poquets de deux plants sont systématiquement laissés lors du démariage pratiqué 10 jours après la levée.

Le dispositif expérimental est en outre modifié de la façon suivante :

a) L'apport des solutions nutritives se fait par sub-irrigation. Pour cela chaque pot est muni à sa base d'un tuyau en matière plastique, lui-même relié à un récipient, également en matière plastique, mobile dans le sens vertical et contenant la solution éprouvée. En élevant ce récipient on amène la solution à pénétrer dans les pots et en occuper tout le volume ; en l'abaissant la solution redescend par gravité.

Ce système présente l'avantage de fournir à chaque pot, pendant une même durée, une quantité équivalente de solution ; il assure une bonne répartition du liquide

dans tout le volume du pot et permet une aération satisfaisante du sable. De plus, et pour éviter toute concentration excessive dans le substrat de l'un des éléments employés, un « rinçage » des pots est systématiquement pratiqué après deux apports successifs de solution. On utilise pour cela de l'eau déminéralisée qui prend alors, dans le récipient mobile, la place de la solution nutritive.

b) Les arrosages ont été donnés une fois par semaine en moyenne au cours du premier mois de végétation, tous les quatre jours environ au cours du deuxième mois, tous les deux jours ensuite.

c) Le bon fonctionnement du système d'irrigation et surtout du drainage est vérifié après chaque arrosage en pesant 5 pots choisis chaque fois au hasard dans l'ensemble du dispositif.

d) Toutes les solutions sont régulièrement analysées et sont éventuellement ramenées à leur équilibre normal. L'eau déminéralisée utilisée pour chaque « rinçage » est également analysée au terme de celui-ci pour vérifier l'homogénéité des conditions de chaque traitement.

e) Les pH enfin sont contrôlés et ajustés ; ils ont varié en moyenne de 6,4 à 7.

Le semis a été réalisé le 13 février 1963 et la mise à fleur a été induite artificiellement à la fin du mois de mai 1963.

L'action des diverses doses d'azote sur la croissance est indiquée par les courbes de la figure 1.

Le tableau 2 (C) indique la proportion d'individus monoïques observée dans chaque traitement.

Par ailleurs, le degré d'expression de la monœcie, noté selon l'échelle établie par le Pr Von SENGBUSCH, est pour chaque traitement rapporté par le tableau 3.

TABLEAU 3

Influence de différentes nutritions azotées sur le degré d'expression de la monœcie, jugé selon l'échelle établie par le Pr. Von SENGBUSCH (1)

Équilibre des solutions	Pourcentage d'individus du type :	
	3 +	5 +
1 méq. d'azote/litre.....	16	82
3 méq. d'azote/litre.....	18	81
5 méq. d'azote/litre.....	22	77
7 méq. d'azote/litre.....	28	69

(1) Cette échelle permet de classer les chanvres monoïques en 5 classes allant de 1+ (une croix) à 5+. Les types 1+ ont une proportion élevée de fleurs mâles alors qu'à l'autre extrême, chez les types 5+, cette proportion est faible.

Les résultats de cette troisième expérience confirment donc les observations réalisées au cours des deux premières séries d'essais. Ils concordent d'ailleurs très bien

avec ceux de la première expérience réalisée également en serre, avec des solutions de concentration en azote différentes. Le tableau 4 regroupe ces résultats.

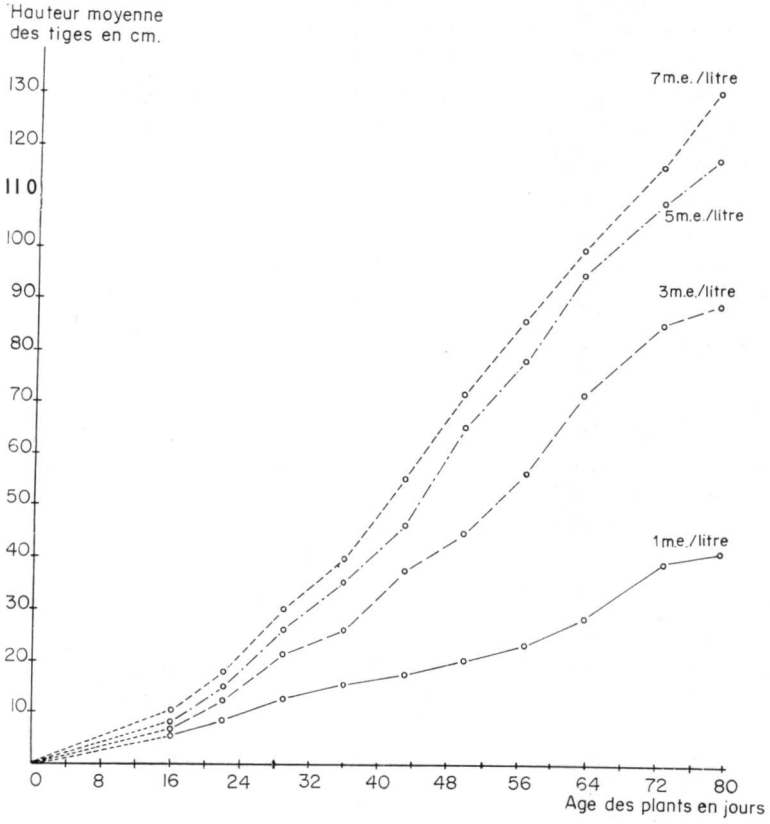


FIG. 1. — *Influence de la nutrition azotée sur la croissance des tiges de chanvre*

TABLEAU 4

Pourcentages observés d'individus monoïques et femelles au cours des 1e et 3e expériences

Équilibre des solutions	Pourcentage d'individus :			
	1re expérience		3e expérience	
	monoïques	femelles	monoïques	femelles
1 m.e. d'azote/litre.....			44	56
3 m.e. d'azote/litre.....	42	58	52	48
5 m.e. d'azote/litre.....			58	42
6 m.e. d'azote/litre.....	57	43		
7 m.e. d'azote/litre.....			62	38
12 m.e. d'azote/litre.....	70	30		

Il apparait ainsi que la nutrition azotée peut exercer une influence importante sur l'expression de la sexualité du chanvre monoïque. Mais, contrairement à toutes les opinions émises jusqu'à présent, *une « masculinisation » du phénotype sexuel est observée lorsque la quantité d'azote mise à la disposition de la plante augmente.*

Il est d'ailleurs intéressant d'étudier la composition chimique des plantes obtenues à partir de différentes nutritions azotées. L'analyse a été faite pour la troisième expérience en séparant dans chaque traitement les plantes monoïques et les plantes femelles. Dans tous les cas le prélèvement des échantillons a été effectué, après une durée de végétation comparable, au stade pleine floraison, et les principaux résultats enregistrés sont résumés dans le tableau 5.

TABLEAU 5

Composition chimique des plantes monoïques et femelles de la 3e expérience (1)
(en % de matière sèche au stade pleine floraison)

Équilibre des solutions	Sexualité des plantes	N		P_2O_5		K_2O	
		Tiges	Feuilles	Tiges	Feuilles	Tiges	Feuilles
1 méq d'azote/litre	femelles	0,65	1,92	1,0	1,40	1,56	2,60
	monoïques	0,69	2,18	0,94	1,64	1,75	3,08
3 méq d'azote/litre	femelles	0,92	2,78	0,96	1,38	1,60	3,12
	monoïques	0,72	3,01	0,80	1,50	1,56	3,30
5 méq d'azote/litre	femelles	1,07	3,42	0,98	1,36	1,48	2,96
	monoïques	0,87	3,63	0,79	1,40	1,46	3,08
7 méq d'azote/litre	femelles	1,31	4,0	0,96	1,30	1,93	3,86
	monoïques	1,08	4,33	0,76	1,30	2,14	3,60

(1) Analyse effectuée par le laboratoire de Chimie agricole de l'E.N.S.A.M.
Précision analytique : ± 2 %.

Le taux d'azote dans la plante, aussi bien dans les tiges que dans les feuilles, augmente donc lorsque la concentration en azote de la solution nutritive croît. Ce résultat est normal et prouve que l'un des buts de l'expérience a été atteint. Mais il est curieux de constater que la teneur en azote total du système foliaire est toujours plus élevée chez les individus monoïques que chez les individus femelles et ceci quel que soit l'équilibre de la solution utilisée. Une remarque identique peut être faite également pour les teneurs en potasse. Faut-il penser qu'un individu monoïque a besoin d'une nutrition plus riche qu'un individu femelle ? Ou bien qu'une nutrition plus abondante favorise la formation de fleurs mâles et induit l'état monoïque ? Il est vraisemblable que la seconde hypothèse doit être retenue : elle concorde d'ailleurs avec les résultats d'ensemble des trois expériences.

CONCLUSIONS

La nutrition azotée influence de façon incontestable l'expression de la sexualité du chanvre monoïque : dans chacune des expériences réalisées, des variations profondes du phénotype sexuel ont accompagné des variations de la richesse en azote de la nutrition. Mais, contrairement aux opinions émises jusqu'à ce jour par différents chercheurs, l'azote n'a pas une action « féminisante » : il intervient au contraire pour « masculiniser » le phénotype sexuel en stimulant l'organogénèse des fleurs mâles. En conséquence, une même variété, placée dans un même milieu, présentera un nombre d'individus monoïques d'autant plus élevé que les quantités d'azote mises à sa disposition seront plus grandes. Végétant dans des milieux différents, la richesse en azote de chacun de ces milieux sera un facteur important du phénotype sexuel exprimé par cette variété.

De plus, comme l'indique le tableau 3, l'influence de l'azote s'exerce également sur le degré d'expression de la monœcie : le rapport nombre de fleurs mâles/nombre de fleurs femelles croît avec la richesse de la nutrition azotée, c'est-à-dire que le nombre de fleurs mâles portées par chaque individu monoïque devient plus grand.

Le rôle joué par l'azote peut ainsi être comparé à celui des jours longs dont l'action masculinisante a été décrite dans une précédente publication (ARNOUX, 1963). Mais, les jours longs agissent essentiellement pendant une période relativement brève de la vie de la plante, dès les premiers stades de végétation, au cours de l'âge juvénile, avant le stade maturité de floraison. L'azote au contraire semble exercer la même activité pendant toute la phase levée-floraison. Une petite expérience supplémentaire a permis en effet d'étudier s'il existait un stade de la vie du chanvre particulièrement sensible à l'influence de l'azote. Cette expérience a été réalisée selon les mêmes techniques et dans les mêmes conditions que les précédentes. Les plantes de *C. 63* sont alimentées pendant toute leur végétation par la solution nutritive n° 3 du tableau n° 1, titrant 5 milliéquivalents d'azote par litre. Toutefois, un certain nombre d'entre elles sont régulièrement soumises, pendant 30 jours, à une nutrition azotée plus riche fournie par la solution n° 6 du tableau 1 (12 méq. d'azote/litre). Cette période de 30 jours

TABLEAU 6

Variation du pourcentage d'individus monoïques lorsqu'une nutrition azotée plus riche est fournie à des stades successifs du développement

Age au cours duquel est appliqué la solution azotée riche (1)	Nombre de plants	Hauteur moyenne en cm	Pourcentages observés de plants monoïques
1er mois de végétation	134	119	35
2e mois de végétation	135	115	37
3e mois de végétation	120	108	32

(1) La mise à fleur est artificiellement induite au terme du troisième mois de végétation. Le stade pleine floraison est ainsi observé après 105-110 jours environ de végétation.

est échelonnée pendant toute la vie des plantes ; on a ainsi, au moment de la floraison, artificiellement induite au terme du 3e mois, des individus alimentés pendant toute leur végétation avec une solution titrant 5 méq. d'azote/litre, à la seule exception d'une période de 30 jours, située à des stades différents du développement, pendant laquelle ils bénéficient de l'apport de la solution titrant 12 mép. d'azote/litre.

Les résultats obtenus sont résumés dans le tableau 6.

Ces observations laissent penser qu'il n'y aurait pas, au cours de la vie de la plante, un stade particulièrement sensible à l'azote au cours duquel l'action de cet élément serait prépondérante pour déterminer l'expression de la sexualité.

Les recherches fondamentales de génétique et notamment celles consacrées à l'étude du déterminisme génétique de la sexualité doivent tenir compte de la nature de la nutrition azotée fournie au matériel végétal examiné. Il en est de même pour les travaux normaux de sélection et d'amélioration du chanvre monoïque, au cours desquels toutes précautions devront être prises pour éviter que ce facteur ne vienne modifier l'analyse et le choix des descendances en compétition.

Reçu pour publication en avril 1966.

REMERCIEMENTS

Nous considérons comme un devoir de présenter nos sincères remerciements à la Station d'Agronomie et de Physiologie végétale d'Antibes de l'Institut national de la Recherche agronomique, ainsi qu'au Laboratoire de Chimie agricole de l'École nationale supérieure agronomique de Montpellier. M. l'Inspecteur général DROUINEAU, alors directeur de la Station d'Antibes, Mme BLANC AICARD et M. le Pr DULAC ont bien voulu nous aider de leurs conseils judicieux et procéder pour nous aux différentes analyses indispensables pour la bonne réalisation de nos expériences. Nous leur exprimons toute notre gratitude et notre reconnaissance.

SUMMARY

THE INFLUENCE OF ENVIRONMENT ON SEXUAL EXPRESSION IN MONŒCIOUS HEMP (CANNABIS SATIVA L.). II. THE EFFECT OF NITROGEN NUTRITION

The effect of nitrogen nutrition on sexuality in monœcious hemp has been shown by means of three successive experiments carried out in soil-free cultures. Six different nutrient solutions were used which varied in nitrogen concentrations : they were equilibrated as indicated in table 1. The results obtained are summarized in tables 2, 3, and 4. They show that nitrogen nutrition has a significant effect on sexuality in monœcious hemp. But, contrary to the opinions of various authors, nitrogen does not have a « feminising » effect; in fact it « masculinises » the phenotype by stimulating organogenesis of the male flowers. Thus the proportion of monœcious individuals increases with increased nitrogen concentration in the nutrient solution. Moreover, as indicated in table 5, the degree of monœcism is equally influenced, and the number of male flowers on each monœcious individual increases with the nitrogen dose.

The chemical analysis of the plants at the stage of full blosoming, given in table 5, shows that the total nitrogen content is always higher in monœcious individuals than in female individuals, whatever the equilibrium of the nitrogenous nutritive solution may be.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ARNOUX M., 1963. Influence des facteurs du milieu sur l'expression de la sexualité du chanvre monoïque (*Cannabis sativa* L.). I. Action du cycle photopériodique. *Ann. Amélior. Plantes*, **13**, 27-49.

BLACK C. A., 1945. Effect of commercial fertilizers on the sex expression of hemp. *Bot. Gaz.*, **107**, 114-120.

BOSE R. D., 1930. A study of sex in the Indian hemp. *Agric. J. India*, **25**, 495-507.

MAEKAWA T., 1929. Widezstands und Selbstregubezungsvermören gegen Geschlechtsauderüng bei Hanfpflanzen und seine Beziehung zur theorie der geschlechtsbestimmung. *Jahr. Wis. Bota.*, **70**, 512-564.

MOLLIARD M., 1897. Sur la détermination du sexe chez le chanvre. *C. R. Acad. Sci. Paris*, 125-792.

SCHAFFNER J. H., 1925. The influence of the substratum on the percentage of sex reversal in winter grown hemp. *Ohio, J. Genet*, **25**, 172-176.

SPRECHER A., 1913. Recherches sur la variabilité des sexes chez *Cannabis sativa* et *Rumex acetosa*. *Ann. Sci. Nat. Bota.*, XVII.

TIBEAU M. E., 1936. Time factors in utilization of mineral nutrients by hemp. *Plant. Physiol.*, **11**, 731-477.

Ann. Amélior. Plantes, 1966, **16** (2), 135-144.

UNE STÉRILITE MÂLE UTILISABLE POUR LA PRODUCTION D'HYBRIDES SIMPLES DE TOURNESOL

P. LECLERCQ

Station d'Amélioration des Plantes,
Centre de Recherches agronomiques du Massif Central, 63 – Clermont-Ferrand

INTÉRÊT DES HYBRIDES CHEZ LE TOURNESOL

Les variétés de Tournesol actuellement cultivées en France sont des populations russes qui manquent d'homogénéité, ce qui contribue notamment à rendre la récolte difficile. Même si les conditions de culture sont très homogènes, on observe de grandes différences entre les plantes pour la taille, la précocité de maturité, et le diamètre des capitules (3).

Les lignées, si elles assurent l'homogénéité, ont un rendement nettement inférieur en moyenne aux variétés-populations d'où elles sont tirées.

Ainsi UNRAU et WHITE (9), notant les rendements de 2 descendances, en I_o, I_1 I_2, I_3, I_4, nous donnent à conclure que le rendement moyen de ces lignées fixées s'établirait à 37 p. 100 du rendement de la population de départ. (En effet, la population de départ donnant l'unité de rendement, si x est la perte de rendement provoquée par le passage à l'homozygotie complète, on peut écrire :

$$\text{Rdt } I_1 = 1 - \frac{x}{2} \; ; \; \text{Rdt } I_2 = 1 - \frac{3x}{4} \; ; \; \text{Rdt } I_3 = 1 - \frac{7x}{8} \; ; \; \text{Rdt } I_4 = 1 - \frac{15x}{16}.$$

Comme les 4 rendements observés sont : 0,644 ; 0,528 ; 0,486 ; 0,397, la méthode des moindres carrés donne $x = 0{,}63$ d'où 0,37 pour le rendement de la lignée fixée virtuelle.)

MOROZOV et ANANIEVA (6) signalent qu'en 19 ans de travail sur le Tournesol, ils n'ont jamais obtenu, par le seul jeu de l'autofécondation, de lignées supérieures aux formes de départ.

L'homogénéité et le rendement maximum ne pourront donc être réunis que chez des hybrides. On a signalé souvent la supériorité des hybrides par rapport aux lignées (7, 9) et aux variétés-populations (1, 4).

Ainsi, GROZEV (1) note que 2 hybrides entre populations dépassent leur meilleur

parent, de 12,0 p. 100 et 5 p. 100 pour le rendement en graines, de 11,4 p. 100 et 7,3 p. 100 pour le rendement en huile.

KINMAN et EARLE (4), étudiant 4 hybrides inter-lignées en comparaison avec des variétés russes, dans 4 stations des États-Unis, notent que le meilleur hybride donne, en moyenne, 133 p. 100 d'une variété russe, *Vniimk 1646*, de même précocité (*Vniimk 1646* a montré en France le même niveau de rendement que la variété commerciale A *9345*).

Sur les 4 stations, prises une à une, cet hybride a donné :

en q/ha	en rendement de la variété russe
	%
20,5	213
32,5	127
22,3	121
35,0	119

UNRAU et WHITE (9), après 2 années d'essai comparatif, indiquent que leur meilleur hybride simple a donné 140 p. 100 d'une variété commerciale locale, et 158 p. 100 de la meilleure des 2 lignées parentes.

En 1965, à Clermont-Ferrand, comparant, à précocités égales, 5 hybrides expérimentaux, avec la variété commerciale *Peredovik*, dans un essai à 3 répétitions, nous obtenons les résultats suivants :

Rendements en graines à 9 p. 100 d'eau

Hybride	En q/ha	En pourcentage de *Peredovik*	Signification de la supériorité de l'hybride
A 9343 × *Nain Noir*	42,0	132	P 0,01 (HS)
C 1957-3-5 × *Nain Noir*	37,3	117	P 0,01 (HS)
A 9345 M 5-5 × *Nain Noir*	37,1	116	P 0,01 (HS)
A 9345 M *8-3* × F_3 *à 1*	35,9	112	P 0,05 (S)
Jupiter × *Nain Noir*	35,7	112	P 0,05 (S)
Peredovik	31,9	100	
p.p.d.s à 0,05	3,1		

Les résultats ci-dessus sont fournis simplement à titre indicatif et ne sauraient être généralisés, puisqu'il s'agit d'une première année d'essai en une seule localité : Clermont-Ferrand.

Au Canada (7), des hybrides ont été fabriqués en juxtaposant une lignée peu autofertile, sur laquelle on récolte la graine hybride, et une lignée plus autofertile, donc facile à maintenir en autofécondation, servant de parent mâle. Mais les lots commerciaux de semence renferment le plus souvent moins de 50 p. 100 d'hybrides entre lignées, ce qui nuit à l'homogénéité et au rendement (corrélation de + 0,72 entre le pourcentage d'hybrides et le rendement).

C'est pourquoi la découverte d'une stérilité mâle pratique est importante pour l'amélioration du Tournesol. La pollinisation du mâle-stérile ne devrait pas présenter

de difficultés : le taux de fécondation croisée varie le plus souvent entre 50 p. 100 et 90 p. 100 (le pollen étant transporté par des insectes).

DÉCOUVERTE D'UNE STÉRILITÉ MALE LIÉE A LA COULEUR DE LA PLANTULE

En 1962, Mme LENOBLE (5), alors chargée de la sélection du Tournesol à la Station d'Amélioration des Plantes de Clermont-Ferrand, a découvert dans *Armavir 9345*, variété à plantule verte, une plante mâle-stérile qu'elle a pollinisée par une plante normale de la variété *Nain-Noir*, à plantule rouge. La F_1 (A *9345* ms × *Nain Noir* mf), cultivée en serre pendant l'hiver 62-63, était entièrement rouge et mâle-fertile, comme le parent mâle.

DÉFINITION DES CARACTÈRES EN JEU

1 — *Couleur de la plante*

La variété-population *Nain Noir* possède le gène dominant T qui détermine, selon SAZYPEROW (8), la présence, dans la couche sous-épidermique de la coque, d'un pigment violet soluble dans l'eau, que nous supposons anthocyanique.

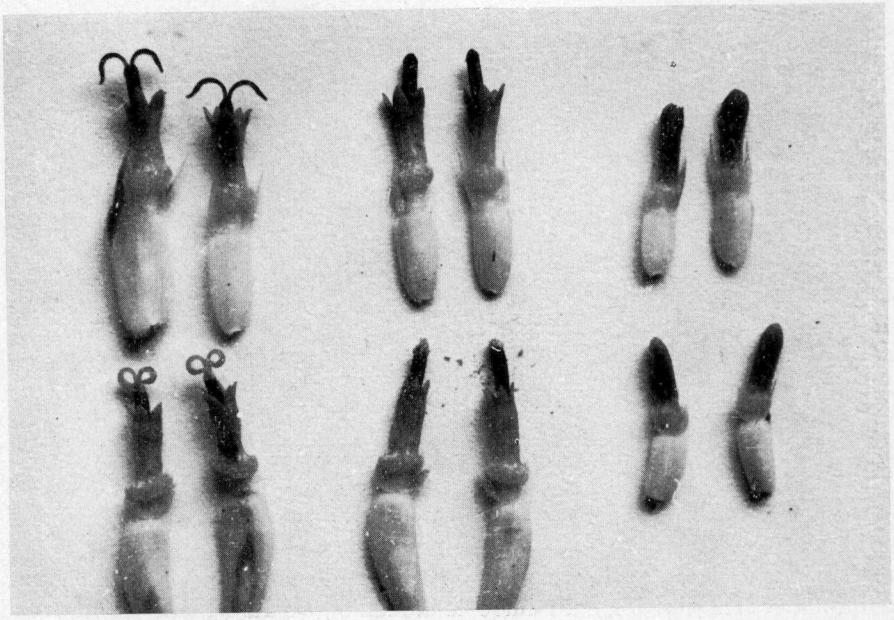


FIG 1. — En haut : mâle-stérile
En bas : mâle-fertile
De droite à gauche : avant floraison
stade de la floraison mâle
stade de la floraison femelle.

D'après nos observations, les plantes qui possèdent ce pigment dans la coque des fruits montrent également une pigmentation rouge-violette sur l'axe hypocotylé tout entier, sur la base de la nervure et souvent sur la marge du limbe des feuilles cotylédonaires, sur les poils des très jeunes feuilles, sur le pétiole des feuilles de tout

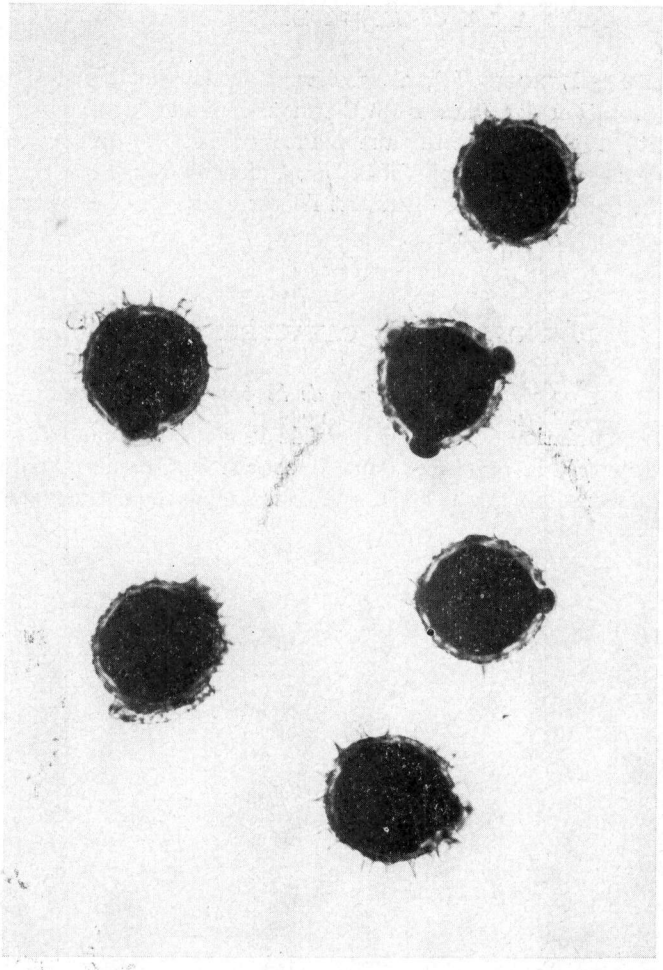


FIG 2. — *Pollen normal au carmin acétique.*

(Photo Laboratoire de Cytogénétique du C. R. A. de Clermont-Ferrand)
Un grain de pollen de Tournesol a un diamètre moyen de 35 μ.

âge (ce pigment figure parfois comme des taches d'encre, de forme et de surface variables, à la face supérieure du limbe de la feuille), sur les 2 pièces du faux calice, l'extrémité libre des 5 pétales ainsi que sur toute la longueur des stigmates. A la floraison, le disque du capitule apparaît ainsi rouge sombre, presque noir, ce qui a donné son nom à la variété. Dans la suite, nous désignerons simplement par « rouge » un tel phénotype correspondant aux génotypes *TT* et *Tt*. Les variétés « vertes » (*tt*)

comme *Armavir 9345*, ont parfois une légère pigmentation rouge à la partie inférieure de l'axe hypocotylé mais elle n'atteint pas la base des cotylédons, ni ultérieurement les autres organes.

2 — *Stérilité mâle*

Les plantes mâle-stériles étaient, en 1964, année sèche, totalement dépourvues de pollen avec une structure normale des pièces florales. En 1965, année humide, elles ont montré un peu de pollen, mais en quantité bien plus faible que les mâle-fertiles (fig. 1). Comme l'expression du caractère a varié de 1964 à 1965, il n'est pas exclu que dans de nouvelles conditions de milieu, il y ait des variations plus fortes.

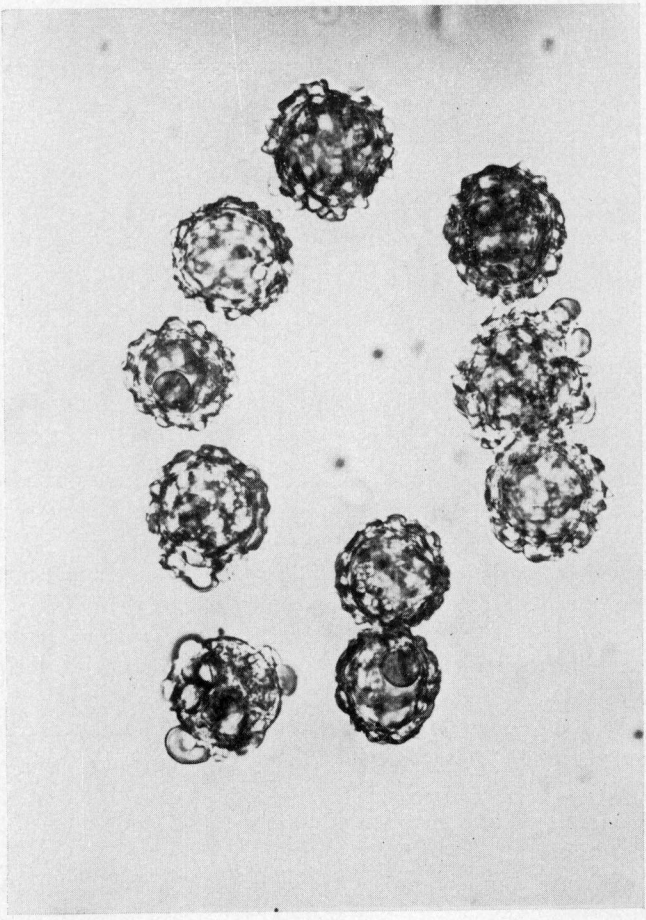


FIG 3. — *Pollen de mâle-stérile au carmin acétique.*

(Photo Laboratoire de Cytogénétique du C. R. A. de Clermont-Ferrand)

Le pollen présentait une structure tout à fait différente du pollen normal : pas d'ornementation échinulée de l'exine, cytoplasme très peu colorable au carmin acétique, présence de granulations jaunes d'aspect huileux, qui suggèrent un pigment caroténoïde (fig. 2 et 3).

La coloration du pollen de mâle-stérile par le bleu de méthyle à 1 p. 100 dans le lactophénol est également bien plus faible que chez le pollen normal. La marge des stigmates des fleurs mâle-stériles est pigmentée de rouge (avec une fertilité femelle tout à fait normale).

MESURE DU TAUX DE RECOMBINAISON ENTRE LES GÈNES DÉTERMINANT LA COULEUR DES PLANTULES ET LA STÉRILITÉ-MALE (2)

Disjonctions obtenues en 1964

	Rouges mf	Rouges ms	Verts mf	Verts ms
F_2 issue de la F_1 de départ vert ms × rouge mf	157	0	1	37
Recroisement R_1 = (vert mâle-stérile de la F_2) × F_1	51	0	1	36

Les résultats ci-dessus peuvent s'expliquer par l'hypothèse suivante : le caractère plante rouge est dû au gène dominant T, la fertilité mâle à un gène dominant que nous proposons d'appeler Ms 1 ; les 2 gènes sont fortement liés.

La F_2 donne un taux de recombinaison de 0,56 p. 100 avec un écart-type de 0,53. La R_1 nous indique un taux de recombinaison de 1,36 p. 100 avec un écart-type de 1,28.

Pour ces 2 descendances, la moyenne pondérée des taux de recombinaison est de 0,68 p. 100 avec un écart-type de 0,49.

Par ailleurs, la pollinisation en 1963, dans une F_2, d'une plante rouge mâle-stérile par une plante F_1 rouge mâle-fertile, a donné 3/4 de rouges pour 1/4 de verts, et :

— parmi les rouges, sur 56 plantes observées, 38 mâle-fertiles pour 18 mâle-stériles (en accord avec les proportions 2/3 1/3);

— parmi les verts, sur 5 plantes observées, 5 mâle-stériles. Comment expliquer cette distribution ?

La plante mère (rouge mâle-stérile en F_2) devait être issue de recombinaison en F_1 et avoir un génotype : $\frac{T - t}{ms_1\text{-}ms_1}$

La fécondation d'une telle plante par la F_1 normale : $\frac{T - t}{Ms_1\text{-}ms_1}$

doit donner, s'il n'y a pas eu de recombinaison dans la F_1 paternelle : 50 p. 100 de rouges mâle-fertiles, 25 p. 100 de rouges mâle-stériles, 25 p. 100 de verts mâle-stériles, ce qui est en accord avec les observations.

En 1965, l'observation en R_1 de 3 plantes mâle-fertiles sur 256 plantes vertes donne un taux de recombinaison de 1,17 p. 100 avec un écart-type de 0,68.

La moyenne pondérée des taux de recombinaison, établie sur l'ensemble des 2 années 1964 et 1965, est de 0,85 p. 100 avec un écart-type de 0,40. La liaison est donc significativement très forte et le taux de recombinaison a 95 chances sur 100 d'être compris entre 0,07 p. 100 et 1,63 p. 100.

UTILISATION PRATIQUE DU PHÉNOMÈNE POUR LA PRODUCTION DE SEMENCE HYBRIDE

Chaque lignée mâle-stérile pourra être maintenue par un croisement frère-sœur continu : $\frac{\text{vert mâle-stérile}}{t\,t\ ms_1\ ms_1\ ♀} \times \frac{\text{rouge mâle-fertile double hétérozygote}}{T\text{-}t\ Ms_1\text{-}ms_1\ ♂}$ ce qui donne à la génération suivante, mis à part les individus issus de recombinaison :

50 p. 100 de verts mâle-stériles, servant de ♀ pour le croisement frère-sœur suivant + 50 p. 100 de rouge mâle-fertiles double hétérozygotes, servant de ♂ pour le croisement frère-sœur suivant. En champ isolé, on peut éliminer les plantes rouges dans une ligne sur 2, et ne récolter que les lignes ainsi traitées.

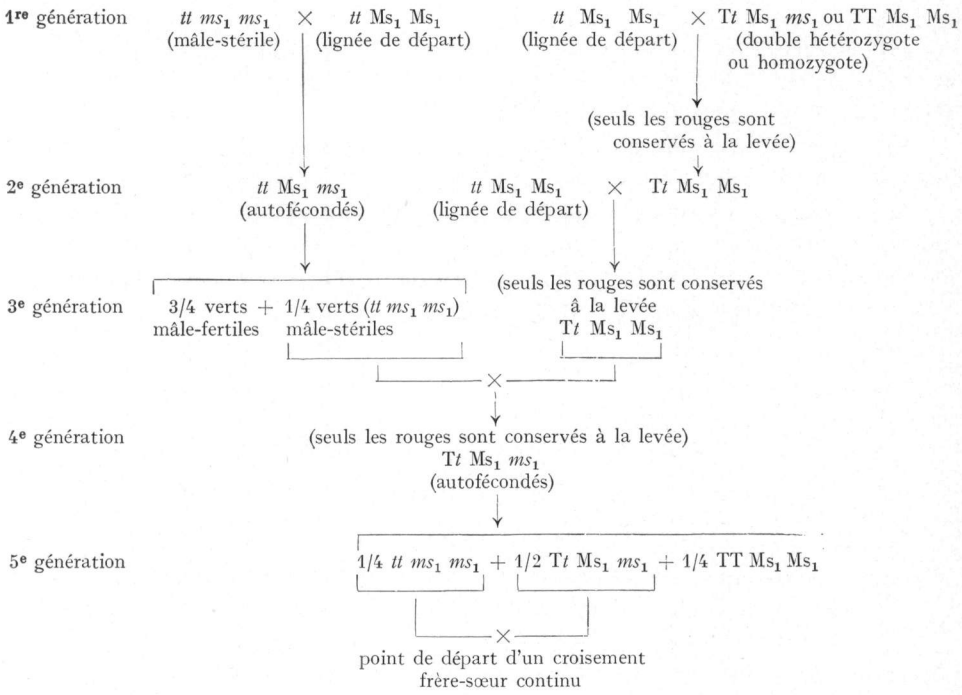
Pour la fabrication d'un hybride F_1, les lignes femelles, où l'on récoltera la semence hybride, seront semées avec le mélange ci-dessus (50 p. 100 rouges + 50 p. 100 verts), puis démariées pour ne laisser que les plantes vertes $t\text{-}t\ ms_1\ ms_1$. Les lignes mâles seront semées avec une lignée normale : $Ms_1\ Ms_1$. L'hybride obtenu sera mâle-fertile : $Ms_1\ ms_1$.

L'élimination des plantes rouges sur les lignes femelles, qui peut se faire en un seul passage, et à une date variable entre la levée à 100 p. 100 et l'apparition des premiers boutons floraux, doit être moins onéreuse que la castration du Maïs, qui est pratiquée à une échelle comparable.

Sur les lignes femelles, l'on observera à la floraison quelques mâle-fertiles (de l'ordre de 1 p. 100) parmi les plantes vertes. Si l'on assure la coïncidence de la floraison du parent mâle et du parent femelle mâle-stérile (par semis échelonnés du parent mâle) on ne devrait pas obtenir moins de 99 p. 100 d'hybrides dans la descendance du parent femelle, si le nombre des lignes femelles est à peu près le même que le nombre des lignes mâles.

Pour reconvertir une lignée intéressante à l'état de mâle-stérile, on étudiera spécialement le cas le plus probable, celui d'une lignée de départ verte. On négligera pour l'exposé les individus issus de recombinaison, qui seront éliminés à chaque étape.

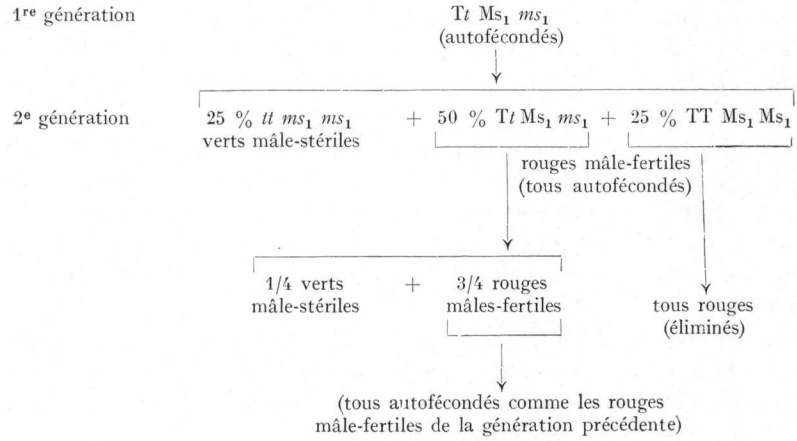
Le schéma de travail pourra être le suivant :



Les individus issus du 1er cycle n'ayant en théorie que 5/8 du génotype de la lignée de départ, on peut recommencer un 2e cycle à partir d'individus de la 3e génération. Dans la 5e génération, on doit traiter les rouges homozygotes et hétérozygotes de façon identique pour ne les distinguer qu'à la génération suivante, et éliminer alors les descendants d'homozygotes.

Les premières générations du croisement frère-sœur continu peuvent être remplacées par des autofécondations de doubles hétérozygotes : Tt Ms_1 ms_1.

On perpétuera alors chaque lignée femelle de la façon suivante :



L'avantage de l'autofécondation, par rapport au croisement frère-sœur, c'est d'aboutir plus vite à des lignées femelles fixées (sauf évidemment pour les gènes Ms_1 et T) ; mais on risque, en autofécondant un nombre forcément limité de plantes rouges, de n'autoféconder que les homozygotes (1/3 de l'effectif des rouges) ce qui ferait perdre la lignée femelle (puisque les gènes *t* et ms_1 seraient perdus).

On peut calculer ce risque.

Nombre de plantes rouges autofécondées dans la descendance de l'autofécondation d'un hétérozygote.	Probabilité de perdre la couleur verte et la stérilité mâle.
1	$1/3 = 0{,}333\ 33$
2	$(1/3)^2 = 0{,}111\ 11$
3	$(1/3)^3 = 0{,}037\ 04$
6	$(1/3)^6 = 0{,}001\ 37$
10	$(1/3)^{10} = 0{,}000\ 02$
n	$(1/3)^n$

Dans les premières générations, où l'on dispose de nombreuses descendances de valeur inconnue, on peut envisager d'en perdre 1 sur 729 en autofécondant 6 plantes rouges seulement par descendance. A partir du moment où une lignée femelle s'est révélée intéressante, le croisement frère-sœur est plus avantageux, puisque la lignée est presque fixée. De plus l'autofécondation oblige à traiter 1/3 d'individus inutiles (les homozygotes dominants) pour ne les éliminer qu'à l'observation de leur descendance.

Reçu pour publication en février 1966.

SUMMARY

A MALE STERILITY AVAILABLE FOR THE PRODUCTION OF SINGLE-CROSS SUNFLOWERS

A male sterility has been discovered in the sunflower. This is due to a recessive gene we call ms_1, which is strongly linked (recombination rate of 0,85 p. 100 ± 0,40 p. 100) with the green colour of the seedling, induced by an already known gene *t*.

Owing to this linkage, production of single-cross sunflowers should be possible. A male sterile line can be maintained by continuous sib-matting. The pollination of a double recessive green male sterile ($tt\ ms_1\ ms_1$) by a double heterozygous red male fertile ($Tt\ Ms_1\ ms_1$) gives, by eliminating the recombinated types (1 p. 100), 50 p. 100 of plants identical with the female parent, and 50 p. 100 identical with the male parent. This allows to continue the sib-matting.

In the seed production field, by sowing the female lines with the sibbing progeny, it will be obtained 99 p. 100 male sterile plants, after hand elimination of the red plants. Such a manual work should be less expensive than maize emasculation.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

(1) GROZEV D., 1963. Studies of the heterosis effect and the method of hybrid seed production in Sunflowers. *Izv. Inst. Rasten Sofija*, **18**, 51-69.

(2) IMMER F. R., HENDERSON M. T., 1948. Linkage studies in Barley. *Genetics*, **28**, 419-440.

(3) JOUIN C., GERMAIN, MELLINI, 1963. Résultats d'expérimentation sur la récolte mécanique du Blé, de l'Orge, du Maïs et du Tournesol. *Centre national d'Études et d'Expérimentation de Machinisme agricole.* Étude nº 260.

(4) KINMAN M. L., EARLE E. R., 1964. Agronomic performance and chemical composition of the seed of Sunflower hybrids and introduced varieties. *Crop Science,* **4**, 417-420.

(5) LENOBLE S. (Documents non publiés).

(6) MOROZOV, ANANIEVA S. V., 1939. Results of the application of inbreeding to Sunflowers at the Saratov Breeding Station. *Plant Breed. Abstr.,* **9**, 106.

(7) PUTT E. D., 1962. The value of hybrids and synthetic in Sunflower seed production. *Canad. J. Plant Sci.,* **42**, 488-500.

(8) SAZYPEROW Th., 1914. Versuche und Beobachtungen an *Helianthus annuus* L. auf dem Versuchsfeld. *Bull. angew. Bot.* 7, **5**, 543-600. (Résumé dans *Zeitschrift für Pflanzenzuchtung,* 1914, **3**, 380.)

(9) UNRAU J., WHITE W. J., 1944. The yield and other characters of inbred lines and single crosses of Sunflower. *Sci. Agric.,* **24**, 11.

Ann. Amélior. Plantes, 1966, **16** (2), 145-184.

ÉTUDE DE LA DISTRIBUTION ET DES CAUSES DE LA RÉSISTANCE AU PHYLLOXÉRA RADICICOLE CHEZ LES VITACÉES (1)

D. BOUBALS
avec la collaboration technique de R. PISTRE

Station de Recherches viticoles,
Centre de Recherches agronomiques du Midi,
École nationale supérieure agronomique, 34 - Montpellier

SOMMAIRE

Une technique de détermination rapide en serre de la résistance des variétés de Vigne au Phylloxéra radicicole a été mise au point. Grâce à celle-ci la distribution de la résistance et de la sensibilité au Phylloxéra a pu être établie dans des conditions identiques pour un nombre important de représentants de la famille des Vitacées.

On indique notamment le degré de résistance des hybrides interspécifiques porte-greffes utilisés dans le monde. De plus, grâce à une collection âgée de vingt ans, il a pu être déterminé en plein champ la résistance exacte de 409 hybrides interspécifiques « producteurs directs » parmi lesquels se trouvent tous ceux qui sont cultivés.

Dans une autre partie de ce mémoire on envisage les causes de résistance qui ressortent des résultats d'observations effectuées dans des conditions bien déterminées sur des représentants de l'ensemble de la famille des Vitacées.

INTRODUCTION

Ce travail constitue un préliminaire indispensable à une étude ultérieure détaillée de l'hérédité de la résistance au Phylloxéra radicicole chez la Vigne (2).

Nous avons été amené à mettre au point une technique de détermination et de notation de la résistance au Phylloxéra radicicole rapide, commode à utiliser et fournissant des résultats concordants avec les observations sur la résistance des vignes établies normalement en plein champ dans des conditions de phylloxérisation sévères.

(1) Ce travail fait partie d'une étude générale portant sur les causes et l'hérédité de la résistance aux principaux parasites de la vigne : Mildiou (BOUBALS, 1959), Oïdium (BOUBALS, 1961) et Phylloxéra radicicole.

(2) Étude à paraître prochainement dans les *Annales de l'Amélioration des Plantes*.

En effet les techniques employées au début du siècle en France (RAVAZ, 1897, MILLARDET, 1897) ou plus tard dans d'autres pays (KISKIN, 1961 ; KISKIN et TCHEBOTAR, 1961), ne nous ont pas parues satisfaisantes, ou bien parce qu'elles demandent des moyens matériels trop importants pour être employées sur une grande échelle, ou bien parce qu'elles ne sont pas assez précises.

Notre technique nous a servi à préciser la distribution de la résistance dans l'ensemble des Vitacées — chose qui n'avait jamais été faite dans des conditions d'infestation phylloxérique homogènes et sur une échelle aussi vaste que celle que nous avons réalisée grâce aux importantes collections de vigne dont nous disposons à Montpellier. Les résultats obtenus sont intéressants pour l'étude génétique ultérieure du caractère de résistance ainsi que pour les travaux d'amélioration de la Vigne.

Dans le présent travail nous avons repris l'étude des causes de la résistance. Celle-ci avait été faite au début du siècle et à diverses reprises depuis, dans différents pays du monde (HUSFELD, 1963). Notre expérience de l'étude des problèmes de résistance aux parasites chez la vigne (BOUBALS, 1959, 1961) nous a conduit à réaliser ce travail d'une part sur des Vitacées très différentes sur le plan botanique et d'autre part sur des hybrides interspécifiques peu différents sur le plan génétique, sauf pour leur comportement à l'égard du Phylloxéra radicicole. Les résultats obtenus à cette occasion doivent aider à mieux comprendre le mode de transmission héréditaire de la résistance à l'insecte.

On voit donc bien que les recherches dont il va être rendu compte ne sont pas une fin en elles-mêmes mais plutôt la phase préparatoire à un travail de génétique lequel constituera les bases fondamentales pour des recherches d'amélioration de la Vigne.

MATÉRIEL ET TECHNIQUES

MATÉRIEL

Matériel végétal utilisé

Le comportement du Phylloxéra a été étudié sur les racines du plus de genres possibles de Vitacées, comme nous l'avons fait dans nos recherches sur la résistance au Mildiou et à l'Oïdium (BOUBALS, 1959, 1961).

Six genres ont été observés. Dans le genre *Vitis*, qui comprend les vignes cultivées, il a été contaminé 20 espèces représentées par 229 variétés, 208 hybrides interspécifiques de composition génétique connue comprenant notamment à peu près tous les porte-greffes utilisés dans le monde et enfin 409 hybrides producteurs « directs » créés en France depuis l'introduction de l'insecte américain (voir annexes I et II).

Les causes de résistance ont été étudiées non seulement sur le matériel végétal précédent mais aussi sur des hybrides interspécifiques issus du croisement entre *Vitis vinifera*, l'espèce européenne très sensible, et des espèces américaines résistantes.

Sources de Phylloxéra

L'inoculation du système radiculaire des plantes par l'insecte a été réalisée à l'aide de galles phylloxériques foliaires formées sur des vignes américaines et des hybrides interspécifiques. Les sources de phylloxéras *néo-gallicoles-radicicoles* nécessaires à notre travail ont été, d'une part les collections de vignes de l'École nationale supérieure agronomique de Montpellier et d'autre part, à trente kilomètres de là, des vignes-mères de porte-greffes du département du Gard.

Nous ne nous sommes pas préoccupé de l'existence de races de Phylloxéra de virulence différente. En effet l'hypothèse de BÖRNER n'a jamais été vérifiée (MAILLET, 1957 ; DAVIDIS et OLMO, 1964).

TECHNIQUES

I — *Technique de détermination et de notation de la résistance des vignes au Phylloxéra radicicole*

A. *Exposé de la méthode*

Nous opérons soit sur des boutures racinées, soit sur des plants de semis de l'année ou de deux ans pour les travaux de génétique.

Ces boutures ou ces plants sont établis en serre en pots tronconiques de 12 cm de haut et de 12 cm et 7 cm de diamètres, dans de la terre de bruyère très légère, très divisée et ne se tassant pas. Il s'agit d'un mélange de terre des Landes très fibreuse et de terre des Cévennes constituée d'éléments beaucoup plus fins.

Ce milieu est extrêmement favorable aux déplacements des phylloxéras qui peuvent facilement atteindre et piquer toutes les racines des plants de vigne se développant dans les pots.

A partir du début de juillet, ces pots sont contaminés tous les 15 jours avec quatre ou cinq feuilles portant de nombreuses galles récemment formées et renfermant des phylloxéras gallicoles en train de pondre. Grâce à cette méthode et avec quatre contaminations on assure une parfaite infestation de plants de semis ou de boutures racinées. Par ce moyen, en apportant des feuilles qui ont une dizaine de galles, renfermant chacune 200 œufs ou phylloxéras, à raison de cinq feuilles par pot et cela pendant 4 fois, on doit amener près des racines 10 galles × 200 œufs ou phylloxéras × 5 feuilles × 4 fois = 40 000 œufs ou phylloxéras dont on peut supposer, d'après ce que l'on sait du cycle de l'insecte (MAILLET, 1957), que sur l'ensemble des infestations, au moins la moitié d'entre eux donneront ou seront des *phylloxéras néo-gallicoles-radicicoles*, c'est-à-dire susceptibles de piquer les racines. Cela constitue une infestation considérable, impossible à obtenir dans la nature aussi facilement et aussi rapidement.

La contamination des espèces, des variétés, des hybrides porte-greffes ou producteurs et des descendances obtenues par croisement ou autofécondation et représentées par des souches établies au Domaine expérimental de Vassal a été effectuée de la façon suivante.

On a prélevé sur une souche correspondant à chaque espèce, variété, ou descendant d'hybridation, six boutures de deux ou trois yeux chacune et mesurant une quinzaine de centimètres environ. Pour favoriser leur enracinement nous en avons paraffiné la partie apicale avant la plantation et trempé la partie basale dans une solution à 100 p.p.m. d'acide naphtyl acétique pendant 48 heures. Nous avons planté deux boutures par pot. Par cette méthode, la détermination de la résistance phylloxérique de chaque individu a été faite sur un nombre de plants variant de 1 à 6 en fonction de la reprise au bouturage, mais le plus souvent sur 4 à 6 plants.

En ce qui concerne les descendants d'hybridation, issus de semis faits l'année même ou l'année précédente, la détermination de la résistance de chacun d'eux n'a pu évidemment être faite que sur les racines d'un seul plant.

Après avoir été contaminés par le Phylloxéra, quatre fois de juillet à septembre, les boutures racinées ou les plants de semis sont dépotés au plus tard en décembre, et d'après l'examen de leur système radiculaire ils sont triés en cinq catégories.

Ce tri est uniquement basé sur le nombre, l'importance et les conséquences des *tubérosités* qui sont les lésions causées par les piqûres du Phylloxéra sur les troncs radiculaires. Nous ne tenons pratiquement aucun compte, sauf pour une classe, des *nodosités* qui sont les déformations et les renflements provoqués par les piqûres phylloxériques à l'extrémité des radicelles en cours de croissance. L'École française, animée surtout par L. RAVAZ, a montré que ces nodosités n'avaient aucune relation étroite avec la résistance phylloxérique en plein champ.

Les classes de l'échelle de résistance et de sensibilité que nous utilisons sont les suivantes :

L'immunité : *classe* i. — On ne voit aucune trace de piqûre phylloxérique sur les racines à aucun moment après le début de l'infestation. Les phylloxéras ne se fixent pratiquement jamais sur ces racines, tant sur les troncs radiculaires que sur les extrémités des radicelles en voie de croissance.

Classe 0. — On ne voit aucune tubérosité sur toutes les racines du plant de semis ou de la bouture racinée considérée. Des phylloxéras peuvent se fixer sur les extrémités des radicelles qui présentent alors des traces plus ou moins nettes de piqûres.

Ces traces vont de quelques déviations et légers renflements des racines, tels qu'on peut les voir sur les espèces du genre *Ampelopsis* (fig. 1), à des déformations et des renflements très marqués en forme de bec d'oiseau (*nodosités*), tels que ceux présentés par les espèces du genre *Vitis* (fig. 2).

Sur le plan de la résistance pratique au Phylloxéra radicicole on peut dire qu'il n existe pas de différences entre ces plantes qui présentent sur leurs racines des nodosités de dimensions différentes. Cependant il faut noter que sur les racines des espèces qui ne présentent que de faibles nodosités (type *Ampelopsis*) des colonies de phylloxéras sont incapables de se maintenir tandis qu'elles le peuvent sur des racines à nodosités importantes (type *Vitis*).

Classe 1. — Sur l'ensemble des racines de la plante examinée, on voit un ou deux renflements (*tubérosités*) dont les tissus peuvent parfois être nécrosés par suite de leur décomposition sous l'action de saprophytes du sol. En tout cas cette nécrose, lorsqu'elle existe, est localisée à la partie corticale des racines et n'atteint pas le liber. On peut voit cela sur les figures 3-1 et 4 A.

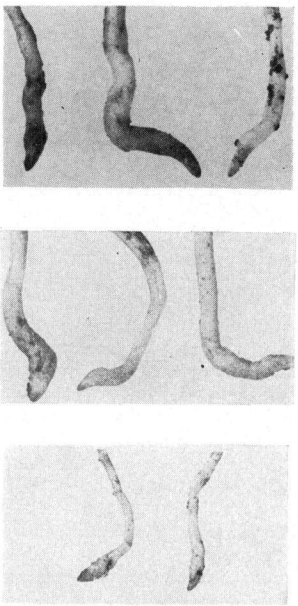


FIG. 1. — *Piqûres phylloxériques sur les extrémités de racines en voie de croissance,*
en haut : *Ampelopsis brevipedunculata* (collections E.N.S.A.M. 19 A 6).
au milieu : *Ampelopsis micans.*
en bas : *Ampelopsis bipinnata.*

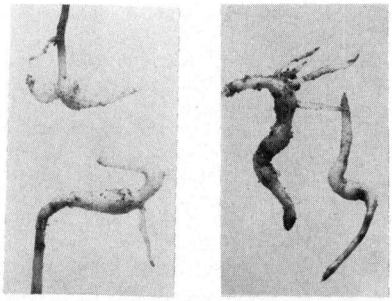


FIG. 2. — *Nodosités sur extrémités radiculaires de* V. Berlandieri × V. riparia *SO 4.*

Classe 2. — Deux cas se présentent :

— ou bien il y a peu de tubérosités mais la nécrose de leurs tissus est très pénétrante dans la racine et coupe partiellement les communications libériennes entre la tige de la plante et la partie extrême des racines (fig. 3-2 et 4 B) ;

— ou bien il y a de nombreuses tubérosités disposées en chapelet et dont la nécrose est plus ou moins pénétrante, dans ce cas les racines n'étant tout de même pas détruites comme dans la classe suivante.

Classe 3. — Les tubérosités sont très nombreuses, assez volumineuses et pratiquement entièrement décomposées, cette décomposition gagnant le centre de la racine ; chez les plantes les plus atteintes, toutes les racines sont détruites et il ne reste que la tige de la bouture ou du plant de semis (fig. 3-3 et fig. 4 C, D et E).

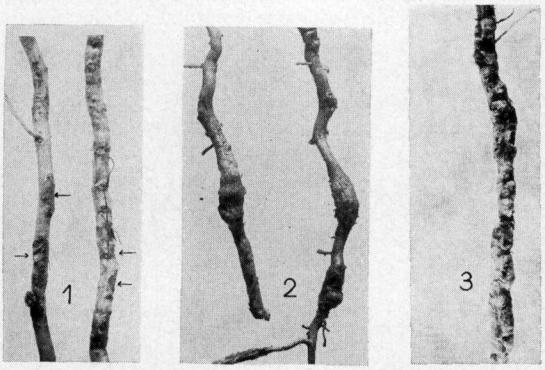


FIG. 3. — *Différents types de tubérosités sur les racines de plants de vigne cultivés en serre dans des pots où l'on a apporté des phylloxéras.*

1. tubérosités de classe 1 sur racines de *V. Berlandieri* × *V. riparia* SO 4.
2. tubérosités de classe 2 sur racines de l'hybride interspécifique 22 A Baco.
3. tubérosités de classe 3 en chaîne continue sur racine de *V. vinifera* var. Tannat.

On peut dire que seules les classes 0 et 1 correspondent dans la grande majorité des cas à des plants dont la résistance pratique au Phylloxéra est suffisante pour que leur développement végétatif ne soit pas affecté par l'insecte.

Les différentes classes de cette échelle sont présentées pour des boutures racinées sur la figure 5 et pour des plants de semis d'un an sur la figure 6.

Lorsqu'une variété est représentée en serre par plusieurs plantes, la note affectée à cette variété sera la note obtenue par la plante qui s'est avérée la plus sensible de toutes.

B. *Fidélité de la méthode de notation de la résistance et de la sensibilité en serre.*

Pour une variété donnée nous nous sommes posé le problème de savoir dans quelle mesure le type de résistance ou de sensibilité trouvé en serre d'après la technique précédente, dépend du nombre de plants inoculés en pots, du nombre d'inoculations de ces pots par les phylloxéras radicicoles et de l'année d'infection.

Pour un génotype donné une variation de notation allant de la classe 0 à la classe 1 est peu importante car, sur le plan pratique, les plantes de ces deux classes supportent le Phylloxéra sans que faiblisse sensiblement leur végétation. On peut dire la même chose d'une variation allant de la classe 2 à la classe 3 car de toute façon la résistance phylloxérique pratique de ces deux types est insuffisante. Finalement c'est surtout la variation allant de la classe 1 à la classe 2 qui est importante.

a) *Fidélité de la méthode dans le cas de variétés représentées par plusieurs plantes au cours des inoculations.*

Des observations systématiques ont été réalisées sur des descendants F_1 issus de croisements entre *V. Berlandieri* et *V. vinifera* appartenant aux quatre types de résistance et de sensibilité. Il est apparu qu'un nombre de contaminations (apport de galles phylloxériques au fond des pots) variant de 4 à 8 ne paraissait pas se traduire par une variation de la notation. Par contre, l'augmentation du nombre de plants sur lesquels on détermine la résistance peut s'accompagner d'une telle variation. Par exemple, dans nos expériences nous avons constaté que dans de rares cas une variété notée 1 lors de l'examen de quatre à six plants pouvait recevoir la note 2 lorsqu'on examinait de 15 à 38 plants.

On peut donc dire que, comme beaucoup de méthodes de détermination de la résistance à un parasite, la méthode que nous utilisons pour la résistance phylloxérique, c'est-à-dire 4 fois l'inoculation de 4 à 6 plantes établies en serre, ne donne pas toujours des indications absolument fidèles. *Si l'on veut déterminer plus exactement la résistance d'une variété donnée il faut inoculer un nombre de plantes élevé, trente par exemple.* On prend alors comme note de sensibilité la plus élevée.

Il est évident que de tels nombres de plantes ne peuvent être mis en œuvre pour le test d'une grande quantité de variétés sans demander des moyens considérables. C'est la raison pour laquelle nous avons employé notre méthode en tenant compte de sa juste valeur.

b) *Fidélité de la méthode dans le cas de génotypes représentés par une seule plante.*

Si on envisage maintenant les descendances, issues de semis l'année même où l'année précédente, que l'on inocule 4 fois par le Phylloxéra, on se rend compte que pour les raisons vues plus haut les notations obtenues doivent être considérées comme ayant une certaine approximation.

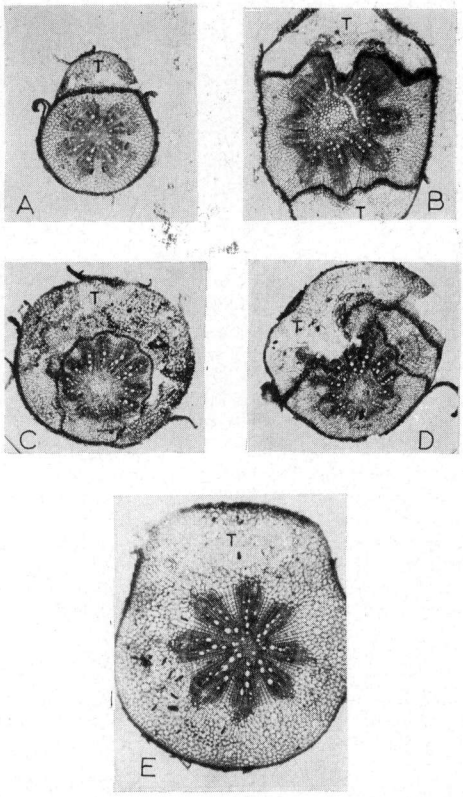


FIG. 4. — *Différents aspects de coupes transversales dans des tubérosités phylloxériques sur les racines de plants de vigne cultivés en serre dans des pots où l'on a apporté des phylloxéras.*

A — tubérosités de classe 1.
B — tubérosités de classe 2 (hybride interspécifique complexe 255-10 Galibert).
C et D — tubérosités de classe 3 (hybride interspécifique complexe 261-13 Galibert).
E — tubérosité de classe 3 sur *V. vinifera.*

On remarquera de A à D la formation du liège de plus en plus profondément dans la racine. En E il n'y a pas de liège formé autour de la tubérosité, les cellules de celle-ci sont déjà mortes, leur contour n'est pas net.

D'une part nous nous sommes effectivement aperçu que la distribution des plantes d'une descendance donnée en classes de résistance et de sensibilité au Phylloxéra varie un peu en fonction de l'année d'infection.

D'autre part, pour les descendants d'un semis, il peut y avoir quelques différences d'extériorisation de la résistance entre la contamination effectuée l'année du semis et celle faite l'année suivante, c'est-à-dire sur des plants de deux ans.

Pour remédier le plus possible à cette variation de la notation il faut inoculer deux ans de suite les plants de semis des classes 0, 1 et 2 et ne tenir compte que des notes les plus sévères qu'ils ont obtenues pour l'établissement de la distribution définitive en classes de résistance et de sensibilité des individus de la descendance.

C. *Relation entre le degré de résistance phylloxérique trouvé en serre et le degré de résistance effective en plein champ.*

Pour étudier ce très important problème nous avons eu la chance de pouvoir utiliser des hybrides producteurs qui sont établis en collection à Montpellier. Cette collection de 409 variétés est âgée de vingt ans et comporte pour chaque variété : 4 pieds greffés sur le porte-greffe résistant *Rupestris du Lot*, 2 pieds sur le porte-greffe résistant *Berlandieri* × *Riparia* 161-49 C. et 2 pieds non greffés. Ces derniers pieds sont, dans la plupart des cas, beaucoup plus faibles que les pieds greffés par suite des attaques phylloxériques que subissent leurs racines.

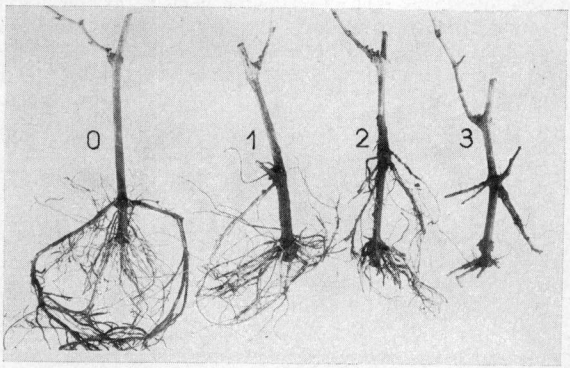


FIG. 5. — *Aspects du système radiculaire de boutures racinées, cultivées en pots, correspondant aux différentes classes de résistance et de sensibilité au Phylloxéra radicicole en serre.*

Après quatre apports de phylloxéras le système radiculaire des classes 0 et 1 apparaît intact. La classe 2 présente de nombreuses atteintes tandis que pour la classe 3 les racines sont pratiquement détruites.

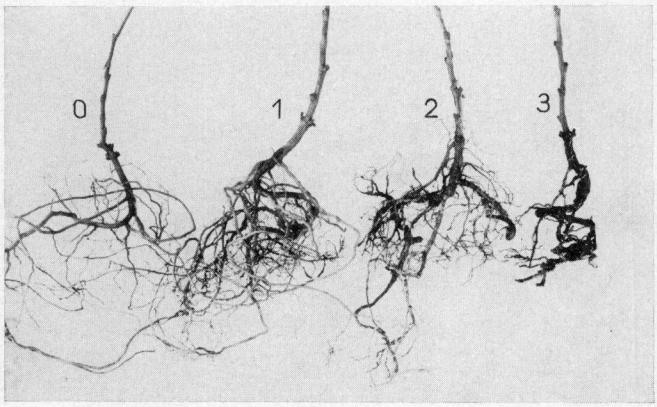


FIG. 6. — *Aspects du système radiculaire de plants de semis d'un an cultivés en pots et appartenant aux différentes classes de résistance et de sensibilité au Phylloxéra radicicole en serre.*

Après quatre apports de phylloxéras le système radiculaire des classes 0 et 1 apparaît intact. Sur les racines du plant de classe 2 on voit de nombreux renflements correspondant à autant de tubérosités. Le plant de classe 3 a ses racines détruites.

Nous avons prélevé des boutures sur 97 de ces variétés de résistance phylloxérique variable. Nous en avons déterminé la résistance en serre selon notre méthode précédemment exposée.

La résistance au Phylloxéra radicicole en plein champ a été notée de la façon suivante : on a fait le rapport du poids du bois de taille de la souche greffée la plus vigoureuse à celui de la souche non greffée la moins faible.

Bien que la vigueur d'une variété de vigne greffée ou non puisse être différente en l'absence de Phylloxéra, on peut dire que si un hybride est résistant au Phylloxéra radicicole il doit y avoir approximativement autant de bois de taille sur les souches non greffées que sur les souches greffées, autrement dit le rapport précédent doit se rapprocher de l'unité.

La valeur du rapport peut être légèrement inférieure ou égale à 1. Mais elle peut également avoir une valeur plus élevée que l'unité sans que le Phylloxéra soit à incriminer. En effet si on fait le rapport du poids de bois de la souche greffée la plus vigoureuse, par exemple sur *Rupestris du Lot*, à celui de la plus vigoureuse greffée sur 161-49 C, ou l'inverse si c'est le 161-49 C. qui a donné la souche greffée la plus vigoureuse, on voit que ce rapport est très souvent nettement supérieur à 1.

Bien entendu il ne s'agit pas là de parler de l'influence de la plus ou moins grande sensibilité de ces porte-greffes au Phylloxéra, mais plutôt de l'influence de la puissance propre de chaque porte-greffe et probablement aussi d'affinité variable du greffon suivant le porte-greffe. Les pesées de bois de taille que nous avons faites sur les 97 hybrides en ce qui concerne les pieds greffés montrent que ce rapport peut aller en moyenne jusqu'à 1,9. Nous pensons donc que l'*on peut considérer que jusqu'à une valeur de 1,9 du rapport R* :

$$R = \frac{\text{poids du bois de taille de la souche greffée la plus vigoureuse (sur 161-49 ou } \textit{Rupestris} \text{ selon le cas)}}{\text{poids du bois de taille de la souche non greffée la plus vigoureuse}}$$

calculé pour chaque variété d'hybride, l'action du Phylloxéra en plein champ peut être tenue pour négligeable.

Dans le tableau 1 à double entrée nous avons classé les 97 variétés d'hybrides d'une part d'après leur notation en serre et d'autre part d'après leur résistance en plein champ.

TABLEAU I

Relation entre la notation de la résistance phylloxérique en serre et la résistance effective en plein champ

Notation de la résistance phylloxérique en plein champ (valeur du rapport R)	Notation de la résistance phylloxérique en serre			
	0 (résistance pratique)	1 (résistance pratique)	2 (sensibilité)	3 (grande sensibilité)
0 à 1,89 (Résistance pratique)	2	6	16	6
1,9 à 3,9 (faible sensibilité)		3	11	9
4 à 7,9 (sensibilité)		1	3	7
8 à 14 (grande sensibilité)			5	5
souches non greffées mortes ou mourantes (très grande sensibilité)			8	15

On peut constater d'après le tableau 1 que 4,1 p. 100 des hybrides sont notés résistants en serre (classes 0 et 1) alors qu'ils sont sensibles en plein champ (rapport R supérieur à 1,9) et que 22,6 p. 100 des plants sont notés sensibles en serre (classe 2 et 3) alors qu'ils sont résistants en plein champ (rapport R inférieur à 1,9).

Que des plantes soient notées plus sensibles en serre qu'en plein champ ne constitue pas, on en conviendra, une grave défectuosité pour notre méthode de détermination de la résistance lorsqu'on l'emploie comme méthode de sélection. En effet, dans ce cas ce n'est pas à proprement parler un défaut pour une technique que d'être un peu trop sélective.

Quant à la faible proportion de variétés qui sont notées plus résistantes en serre qu'elles ne sont en réalité en plein champ on peut penser que leur nombre serait diminué si l'on déterminait la résistance en serre pour chaque variété sur une quantité plus élevée de plants que 4 ou 6.

Finalement on peut dire que notre méthode de détermination rapide de la résistance en serre donne des résultats qui reflètent assez bien le comportement des plantes en plein champ.

II. — *Techniques utilisées dans l'étude des causes de la résistance au Phylloxéra*

A. *Méthode d'étude micrographique des tubérosités phylloxériques.*

Il a été effectué des coupes transversales au rasoir à main levée qui ont été trempées pendant 6 heures dans l'hypochlorite de soude. La réaction de subérification des racines dans les tubérosités a pu être observée sans coloration.

B. *Technique d'étude* in vitro *des causes de la résistance au Phylloxéra radicicole.*

Nous avons recherché et mis au point une technique permettant l'observation facile du comportement du Phylloxéra sur les racines de vigne.

Il suffit d'utiliser des tubes à essai de 25 mm de diamètre contenant dans leur tiers inférieur du sable de mer stérile. Les racines de vigne dont le diamètre peut varier de 2 mm à un demi-centimètre sont préalablement lavées à l'eau courante pour enlever la terre, puis trempées rapidement dans de l'alcool à 50° et ensuite rincées dans l'eau stérile. Elles sont plantées dans le sable du tube en respectant la polarité. Le sable stérile est humidifié avec de l'eau également stérile. Les tubes sont ensuite bouchés avec du coton et mis, après apport de phylloxéras, dans une chambre humide obscure à une température de 20° à 25° C.

L'infection des tubes est obtenue de la manière suivante : on secoue dans une boîte de Petri ou sur une coupelle des feuilles de vigne présentant des galles phylloxériques récemment formées. On fait ainsi tomber des œufs et des phylloxéras qu'il est ensuite facile de transporter à l'aide d'un pinceau sur les racines placées en tube. On peut également laisser pendant douze heures environ des feuilles de vigne portant des galles dans un récipient ouvert ; sur les parois du vase on voit au bout de ce délai de nombreux phylloxéras sortis des galles et que l'on peut faire tomber au fond pour les prélever ensuite à l'aide d'un pinceau.

Après l'apport des phylloxéras et des œufs provenant des galles foliaires les insectes déjà nés ou qui naissent piquent les racines des plantes sensibles, se fixent, grossissent et pondent. Il est facile d'observer régulièrement à la loupe, à travers le tube, le devenir des phylloxéras et des racines aux points piqués. Certaines de ces racines sont envahies par des saprophytes mais beaucoup restent intactes pendant un mois et même plus ce qui laisse le temps d'effectuer des observations intéressantes.

DISTRIBUTION DE LA RÉSISTANCE ET DE LA SENSIBILITÉ AU PHYLLOXÉRA RADICICOLE CHEZ LES VITACÉES

Nous avons étudié le comportement à l'égard du Phylloxéra radicicole de tous les genres de Vitacées dont nous disposions ce qui n'avait jusqu'à présent jamais été fait d'une façon systématique. Dans ces genres nous avons inoculé en serre toutes les espèces qui étaient dans les collections de Montpellier de façon à déterminer exactement, avec la même méthode, la résistance d'espèces et de variétés non testées auparavant ou testées dans des conditions très diverses.

Les résultats obtenus sont les suivants :

I. — Genres « Leea, » « Tetrastigma, » « Cissus. »

Des inoculations de plantes en pots en serre, appartenant à ces espèces, ont été faites en juin-juillet selon la méthode habituelle par apport de galles au fond des pots.

Les plantes ont été dépotées 4 jours, 10 jours et 30 jours après l'infestation pour l'examen des racines à la loupe.

Sur les racines des Vitacées suivantes : *Leea guinensis* ; *Tetrastigma vojnerianum* ; *Cissus incisa, Cissus barterii, Cissus discolor, Cissus cactiformis, Cissus quadrangularis, Cissus antartica,* on n'a jamais vu de phylloxéras fixés sur les extrémités radiculaires ou sur les parties du système radiculaire plus âgées. Les phylloxéras observés occasionnellement sur les racines de ces plantes se déplaçaient activement. Ils s'y comportaient exactement de la même façon que sur les racines d'Angiospermes telles que *Ricinus communis, Aristolochia clematitis, Chrysanthe mum sp.*

Seul *Tetrastigma lanceolarium* (= *Cissus carnosa*) a présenté quatre jours après l'apport des galles au fond des pots de nombreux phylloxéras fixés sur des extrémités radiculaires.

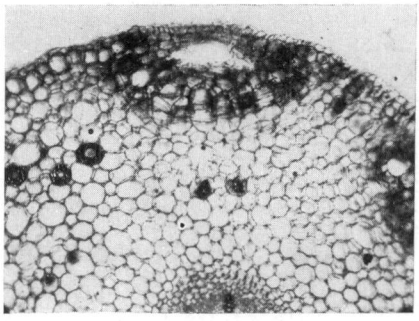


FIG. 7. — *Coupe transversale dans l'extrémité d'une jeune racine d'*Ampelopsis aconitifolia (*collections E.N.S.A.M. 20 B 6*).

On remarquera la formation d'un liège autour de la zone où la piqûre a eu lieu. Au-dessus de ce liège et sous l'épiderme il y a une zone blanche, un vide, où les cellules mortes et brunies se sont déchirées lorsqu'on a fait la coupe.

Pas plus sur cette dernière plante que sur les précédentes on n'a jamais observé de lésions ou de modifications radiculaires provoquées par le Phylloxéra.

On peut dire que ces genres de Vitacées ont une immunité à l'égard du Phylloxéra radicicole.

II. — GENRES « PARTHENOCISSUS » ET « AMPELOPSIS. »

Chez tous les représentants des genres *Parthenocissus* (3 espèces) et *Ampelopsis* (25 espèces et variétés) que nous avons inoculés par le Phylloxéra, en serre dans des pots, nous avons toujours vu des phylloxéras plus ou moins nombreux fixés sur les extrémités des radicelles en voie de croissance, que ce soit 4 jours ou 10 jours après l'apport des galles dans les pots.

Sur ces plantes, à ces moments-là et puis plus tard, on n'a jamais vu de phylloxéras fixés sur les parties de racines jeunes en dehors de leur pointe. Il n'y en a pas non plus sur les troncs radiculaires déjà âgés.

Sur les extrémités radiculaires où sont fixés les insectes il apparaît d'une part des nécroses superficielles et d'autre part de légères boursouflures et déviations qui correspondent aux nodosités des plantes plus sensibles au Phylloxéra, mais beaucoup moins volumineuses (fig. 1).

Des coupes pratiquées dans les parties piquées, notamment aux endroits où il y avait des nécroses superficielles, ont permis de voir que dans certains cas il se formait dans le parenchyme cortical externe un liège qui isolait la partie piquée (fig. 7). Cependant, dix jours après l'infestation, la formation de ce liège n'était pas constante.

Sur les racines de ces plantes on ne trouve évidemment jamais de tubérosités phylloxériques. Ces genres appartiennent à la classe 0.

III. — Genre « Vitis. »

Nous avons inoculé par le Phylloxéra radicicole toutes les espèces que nous avons pu faire reprendre au bouturage.

Nous avons également éprouvé la résistance phylloxérique d'un grand nombre d'hybrides interspécifiques de composition connue, en particulier de la plupart des porte-greffes qui ont été ou qui sont encore utilisés dans le monde entier. Nous donnons en annexe I les résultats détaillés de toutes ces observations et nous les commentons ci-après.

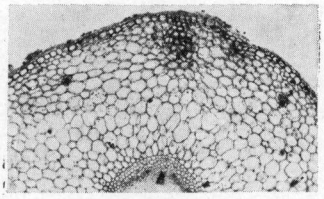


Fig. 8. — *Début de formation de liège et nécrose des tissus en un point de piqûre phylloxérique sur une extrémité de racine de* V. rotundifolia.

A. — Espèces

a) *Sous-genre des* Muscadiniae ($2n = 40$)

Vitis rotundifolia.

Nous avons vu que sur cette espèce les extrémités radiculaires en voie de croissance présentent des phylloxéras fixés et d'autres en cours de déplacement. Cependant les phylloxéras fixés ne sont pas très nombreux et il n'y a jamais formation de nodosités sur les radicelles qui présentent aux points de piqûre des nécroses peu marquées. Dans la figure 8, on peut voir une coupe transversale réalisée dans ces piqûres. Aucun Phylloxéra ne se fixe sur les troncs radiculaires, il n'apparaît jamais de tubérosités. Cette espèce appartient à la classe 0.

b) *Sous-genre des* Euvites ($2n = 38$)

Les espèces de ce sous-genre présentent toutes des nodosités plus ou moins marquées sur les extrémités des radicelles et la plupart du temps des tubérosités plus ou moins nombreuses et plus ou moins volumineuses sur leurs troncs radiculaires. Dans ces tubérosités il se forme un liège plus ou moins profondément dans l'écorce. La résistance ou la sensibilité au Phylloxéra radicicole des *Euvites* corres-

pond aux classes 0, 1, 2 et 3. Nous allons envisager ces espèces en les groupant d'après leur continent d'origine.

1. *Espèces américaines.*

V. riparia. — Cette espèce comprend 17 variétés classées 0, 41 variétés classées 1, 1 variété classée 2. Chez cette espèce il y a une faible variabilité de la résistance au Phylloxéra.

V. Berlandieri. — Cette espèce comprend 11 variétés classées 0, 19 variétés classées 1 ; 2 variétés classées 2. On peut faire les mêmes remarques que pour *V. riparia.*

V. rupestris. — Cette espèce comprend 1 variété classée 0 ; 13 variétés classées 1 ; 5 variétés classées 2. La variabilité de la résistance chez cette espèce est notable.

V. Labrusca. — Parmi les variétés que nous avons en collection et considérées comme appartenant à cette espèce il y a certainement des hybrides *Vinifera-Labrusca,* comme l'Isabelle par exemple. C'est la raison pour laquelle il y a des variétés classées 2 et 3. Le Concord dont on est certain de la pureté spécifique se montre résistant, classe 1.

La répartition des variétés éprouvées est : 7 classées 1 ; 12 classées 2 ; 2 classées 3.

V. cordifolia. — Cette espèce est bien résistante, une variété ayant été classée 0 et trois autres ayant été classées 1.

V. cinerea. — Cette espèce paraît également avoir une bonne résistance, les trois variétés observées ayant été classées 1.

Cependant, nous ferons remarquer que contrairement à ce qu'a dit BECKER (1960) se basant sur des travaux de BÖRNER et SCHILDER (1934) et BÖRNER (1953) le *Vitis cinerea* variété Arnold ne présente pas d'immunité à l'égard du phylloxéra puisque celui-ci peut amener la formation de quelques rares tubérosités sur ses racines. D'après nos observations nous pensons qu'il est du même type de résistance que la plupart des variétés de *V. Berlandieri.*

V. monticola. — Il paraît sensible (classes 2 et 3).

V. candicans et *V. Doaniana* sont résistants.

V. Arizonica et *V. Girdiana* sont très sensibles : classe 3.

2. *Espèces asiatiques.*

Il y a des espèces résistantes comme *V. reticulata* (0), *V. betulifolia* (0) et *V. Coignetiae* (1).

D'autres sont sensibles comme *V. Piazeskii* (2), *V. Thunbergii* (2). Enfin *V. palmata* et *V. Davidii* sont très sensibles (3). Il en est de même de *V. Amurensis* d'après la sensibilité que nous avons trouvée chez certains de ses hybrides.

Parmi ces espèces qui n'ont pourtant pas subi dans leurs centres d'origine l'action sélective du Phylloxéra il semble donc qu'il y en ait qui présentent une résistance phylloxérique certaine.

3. *L'espèce européenne* V. vinifera.

C'est l'espèce réputée la plus sensible.

Nous avons soumis au test en serre quarante deux variétés comprenant en particulier les variétés les plus importantes du vignoble français.

Sur les racines des plants de ces variétés on a pu voir que les tubérosités sans être parfois très nombreuses étaient toujours très pénétrantes.

Il semblerait qu'il y ait, selon les variétés, des différences dans le nombre de tubérosités portées par les racines. Les variétés qui en avaient le moins sont : Carignan, Sauvignon, Clairette, Panse de Provence, Gros Béclan, Piquepoul, Cabernet Sauvignon, Morrastel Bouschet.

Nous n'avons pas observé de moindre sensibilité chez le Tannat (figure 9) qui existe encore non greffé dans certains vignobles des Basses-Pyrénées, notamment dans le Pays Basque et pour lequel on a prétendu qu'il avait une certaine résistance au Phylloxéra.

FIG. 9. — *Racine d'une souche de Tannat non greffée d'une vigne du Pays Basque à Saint-Étienne-de-Baigorry (Basses-Pyrénées).*
On peut y remarquer un grand nombre de tubérosités.

En U. R. S. S. PRINTZ (1961) et KISKIN (1961 *b* et *c*) signalent une moindre sensibilité des variétés Rka-Tziteli et Mtsvane dont les vignes pourraient vivre quinze ans non greffées dans certaines conditions du vignoble russe.

B. — HYBRIDES INTERSPÉCIFIQUES DU GENRE « VITIS »

Nous avons particulièrement testé la résistance des hybrides interspécifiques ayant servi ou servant encore de porte-greffes dans le monde entier. La notation détaillée de toutes les plantes observées est donnée en annexe I.

Riparia-Rupestris : 19 hybrides ont été éprouvés. La plupart sont très résistants, quelques-uns comme les Riparia-Rupestris de Massanes paraissent plus sensibles.

Riparia-Berlandieri : 32 hybrides sont bien résistants. Un seul parait sensible.

Rupestris-Berlandieri : sur 27 variétés on voit que 24 variétés sont très résistantes. Il paraît seulement y avoir de la sensibilité parmi les hybrides de Castel.

Vinifera-Riparia : Ces hybrides sont en général très sensibles sauf le 151 Geisenheim, le 143 Millardet, le 142 EM et le 44 Laquennexy. P. GALET (1956) considère d'ailleurs que ces deux derniers ne constituent qu'une seule et même variété.

Vinifera-Berlandieri : On trouve parmi les hybrides observés tous les types de résistance et de sensibilité.

On notera que le 41 B Chasselas × Berlandieri est très résistant, apparemment beaucoup plus que le 333 E. M. Ce sont deux porte-greffes employés dans notre pays.

La Station viticole de Cognac (LAFON, COUILLAUD, HUDE, 1960) a signalé depuis quelques années des cas de dépérissement phylloxérique dans des vignes greffées sur 41 B. Ils apparaissent en Charente les années sèches dans les terres légères et superficielles. Dans les zones affaiblies des vignes l'examen des racines a révélé une pullulation importante de phylloxéras radicicoles. Il se forme des tubérosités dont certaines sont très pénétrantes dans la racine (BRANAS, 1963).

Nous n'avons pas rencontré de tels dépérissements dans le sud de la France dans les vignobles où le 41 B est très employé par la suite de la teneur élevée du sol en carbonate de chaux. Par exemple, à Frontignan sur des sols peu profonds, de terre légère et très calcaire, le 41 B ne présente aucune atteinte phylloxérique, même dans les vignes affaiblies par la virose du court-noué. Or nous pouvons affirmer que dans ces sols le phylloxéra est pourtant présent, il suffit de voir comment sont attaquées rapidement les racines d'un greffon de Muscat blanc à petits grains qui s'affranchit.

On a pensé qu'en Charente ce dépérissement pourrait peut-être résulter de l'existence d'une race de Phylloxéra beaucoup plus virulente. Nous avons inoculé en serre, à Montpellier, des racinés de 41 B cultivés en pots d'une part avec des phylloxéras portés par des racines prélevées dans une zone dépérissante du vignoble Charentais et d'autre part avec des phylloxéras portés par des racines prélevées sur des vignes de la région de Montpellier. Six mois après l'inoculation on a vu que les 4/5 des plants infectés par le phylloxéra des Charentes avaient reçu la note 1 alors que les autres avaient la note 0. Les 41 B infectés par le phylloxéra de Montpellier avaient tous reçu la note 0. Il paraîtrait donc à première vue y avoir une différence de virulence mais de là à parler de race différente cela ne nous paraît pas possible avec le peu d'éléments que nous avons. De toute façon on ne retrouve pas en serre le degré de pullulation phylloxérique et les dégâts qu'on observe en Charente.

Dans les observations qui sont effectuées en Charente on note de plus que les vignes greffées sur 333 EM ne sont pas aussi attaquées par le Phylloxéra que celles qui sont greffées sur 41 B. Cette différence de comportement entre le 41 B et le 333 EM est inverse de celle que nous avons vue lors de nos déterminations de la résistance phylloxérique en serre et de celle que nous verrons par la suite lors de l'étude des recroisements avec *V. vinifera* du 41 B et du 333 E. M. Le 41 B est noté 1 et il a plus de gènes de résistance que le 333 E. M. qui est noté 2.

Vinifera-Rupestris. — Habituellement ce type d'hybrides a toujours été considéré comme sensible. Il semble cependant que notre notation indique que quelques-uns sont résistants (classe 1) comme le 96-32 C, le 503 C., le 601 C, le 1305 C, l'Aramon Rupestris Ganzin nº 2.

Il est possible que la sensibilité de certains de ces hybrides n'apparaisse qu'au bout d'un laps de temps assez long, même dans les conditions de phylloxérisation sévère. Signalons d'ailleurs à ce sujet qu'on utilise encore avec succès l'Aramon-Rupestris Ganzin nº 1 comme porte-greffe en Californie (WINKLER, 1962).

Vinifera-Labrusca. — Tous les hybrides sont très sensibles.

Vinifera-Cordifolia. — Ce croisement ne paraît pas donner des types très résistants.

Vinifera-Cinerea, Vinifera-Monticola, Vinifera-Candicans. — Les hybrides soumis au test sont résistants.

Les autres croisements simples entre espèces résistantes ainsi que les croisements doubles ou triples, souvent représentés que par un petit nombre d'individus et qui figurent en annexe I, n'appellent pas beaucoup de commentaires.

Ils donnent en général une bonne résistance.

Nous remarquerons tout d'abord que les *Riparia-Rupestris-Vinifera* sont assez résistants, de même que certains *Vinifera-Rupestris-Berlandieri.*

Nous noterons également que parmi les variétés de porte-greffes utilisées aux U. S. A. dans les sols infestés de nématodes, seul le Salt Creek est résistant, Dog Ridge et surtout 1613 C paraissent sensibles.

C. — Hybrides interspécifiques, dits « Directs »

Il s'agit des variétés créées par croisement entre vignes américaines et *V. vinifera* depuis la fin du siècle dernier par les « hybrideurs » français dans le but de résister au Mildiou, à l'Oïdium et au Phylloxéra. Leur composition génétique est fort complexe et mal connue.

Nous avons observé une importante collection de ces hybrides dont nous avons déjà donné le degré de résistance au Mildiou et à l'Oïdium (Boubals, 1956, 1961). Elle comprend pour chaque variété d'hybride, des pieds greffés sur porte-greffes résistants au Phylloxéra (quatre sur Rupestris du Lot et deux sur Riparia × Berlandieri 161-49 *C*), ainsi que deux pieds non greffés. Le sol argilo-calcaire dans lequel elle est établie est favorable au développement du Phylloxéra radicicole. Comme elle est âgée de vingt ans on peut faire des observations très intéressantes sur la sensibilité à l'insecte de ces hybrides producteurs. En effet, on sait d'après les faits de la pratique viticole qu'un hybride franc de pied insuffisamment résistant au Phylloxéra radicicole peut n'accuser un affaiblissement de végétation consécutif aux piqûres du parasite sur ses racines qu'à partir de la dix ou douzième année après la plantation.

L'examen de racines des pieds non greffés d'un certain nombre de variétés nous a permis de confirmer que dans le sol de cette collection les conditions de phylloxérisation étaient sévères. En effet les tubérosités étaient nombreuses et souvent importantes (fig. 10).

Pour toutes ces raisons nous pensons que les résultats concernant l'évaluation de la résistance au Phylloxéra radicicole des 409 hybrides producteurs en collection à Montpellier présentent une très grande valeur sur le plan de la pratique viticole.

Pour chaque variété hybride, en comparant le développement des souches non greffées avec celui de l'ensemble des souches greffées on a déterminé :

1° Si les souches non greffées étaient aussi vigoureuses que la moyenne des souches greffées (*classe 0*, résistance au phylloxéra très nette).

2° Si les souches non greffées étaient plus faibles que la moyenne des souches greffées. Dans ce cas la réduction du développement végétatif des souches non greffées par rapport au développement moyen des souches greffées sur Rupestris du Lot et 161-49 C a permis de définir les classes de sensibilité suivantes :

Classe 1 : jusqu'à 1/3 de réduction, cette sensibilité peut à la rigueur être acceptable sur le plan cultural.

Classe 2 : jusqu'à une réduction de 1/2, cette sensibilité est inacceptable sur le plan pratique.

Classe 3 : jusqu'à 2/3 de réduction, cette sensibilité est très importante.

Classe 4 : jusqu'à 5/6 de réduction, c'est une grande sensibilité.

Classe 5 : ou bien les souches n'ont que de très faibles pousses et ne produisent pratiquement plus, ou bien elles sont mortes depuis un temps plus ou moins long. Ce dernier cas d'extrême sensibilité est celui de *V. vinifera*, espèce pour laquelle on dispose de trois témoins dans la collection.

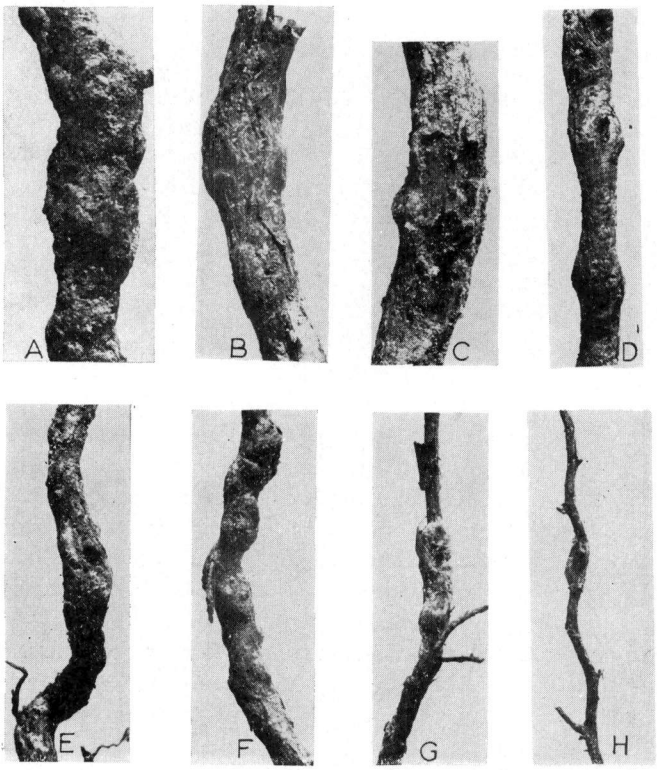


FIG. 10. — *Tubérosités phylloxériques sur des racines d'hybrides interspécifiques producteurs cultivés non greffés à Montpellier, en plein champ.*

A, B, D et H : Baco 1.
C : 12-397 Seyve-Villard.
E et G : 239-36 Galibert.
F : 14-982 Seibel.

Il est possible que notre notation de la résistance et de la sensibilité par la comparaison de la vigueur des pieds greffés et des pieds non greffés tienne non seulement compte de la résistance au Phylloxéra mais aussi de la vigueur propre de chaque hybride. En effet, en dehors de toute atteinte phylloxérique il n'est pas impossible qu'un hybride donné soit plus vigoureux greffé sur Rupestris du Lot ou 161-49 C

que non greffé. Il ne nous était pas possible d'éliminer cet effet du greffage qui ne doit jouer la plupart du temps qu'un rôle secondaire.

La résistance des 409 hybrides producteurs est donnée en annexe II.

On peut dire que *seules les variétés classées 0 et 1 peuvent être cultivées franches de pied*, tout au moins dans des conditions de phylloxérisation analogues à celles de Montpellier qui sont, rappelons-le, très sévères.

L'examen de l'ensemble des résultats montre que c'est de loin la collection Seibel qui renferme le plus de variétés résistantes au Phylloxéra. En comparaison, la collection Seyve-Villard en comprend beaucoup moins, les hybrides obtenus par ce dernier sélectionneur doivent pratiquement être toujours greffés sur porte-greffes résistants.

Si on considère les hybrides les plus cultivés parce qu'ils sont résistants à la fois au Mildiou, à l'Oïdium et aux intempéries, ainsi que pour la valeur de leur vin, on voit qu'ils ne sont pas forcément très résistants au Phylloxéra.

Finalement parmi ceux-ci il n'y a qu'un seul hybride qui présente avec une très bonne résistance phylloxérique, une bonne résistance aux maladies et une bonne productivité, c'est le 26-205 Joannès Seyve qui est à baies noires.

IV. — Conclusion de l'étude de la distribution de la résistance chez les Vitacées

Les nombreuses contaminations de Vitacées que nous avons effectuées montrent que l'immunité au Phylloxéra n'existe que chez les genres *Leea*, *Tetrastigma* et *Cissus*. Comme sur les Angiospermes les Phylloxéras radicicoles ne peuvent pas se fixer sur leurs racines qu'elles soient jeunes ou âgées.

Les genres *Parthenocissus* et *Ampelopsis* voient l'extrémité de leurs radicelles piquées par le Phylloxéra ce qui entraîne de légères déformations tendant à prendre l'aspect de nodosités. Dans ces genres on ne constate jamais de tubérosités sur les racines (classe 0). Cependant après la piqûre des extrémités radiculaires il se forme une nécrose localisée et un liège très net.

Dans le genre *Vitis* il existe toutes les classes de résistance et de sensibilité. Le *V. rotundifolia* du sous-genre des *Muscadiniae* est de la classe 0 sans nodosités bien que quelques phylloxéras piquent l'extrémité de ses radicelles et amènent la formation d'une nécrose et d'un liège du même type que celui formé par *Parthenocissus* et *Ampelopsis*.

Dans le sous-genre des *Euvites* on rencontre des espèces appartenant aux quatre classes de résistance et de sensibilité : 0, 1, 2 et 3. Elles forment des nodosités sur les extrémités radiculaires et pour beaucoup d'entre elles des tubérosités plus ou moins nombreuses sur les troncs radiculaires. Dans ces tubérosités il se différencie un liège plus ou moins profondément dans l'écorce.

Chez le genre *Vitis* on constate que dans le continent asiatique existent à la fois des espèces résistantes et des espèces sensibles à l'insecte bien que, contrairement à l'Amérique du Nord, l'action sélective du Phylloxéra ne s'y soit apparemment pas exercée.

Le croisement de l'espèce très sensible *V. vinifera* avec des espèces américaines résistantes du genre *Vitis* n'a pas souvent donné des hybrides porte-greffes ou producteurs de raisins très résistants au Phylloxéra radicicole.

LES CAUSES DE LA RÉSISTANCE DE LA VIGNE AU PHYLLOXÉRA RADICICOLE

Depuis l'invasion phylloxérique en Europe plusieurs hypothèses, dont SCHVESTER (1960) et HUSFELD (1963) ont fait la revue, ont été émises mais aucune ne permet d'expliquer la résistance au Phylloxéra radicicole dans l'ensemble de la famille des Vitacées.

On s'est parfois trop préoccupé de relier la résistance des racines à celle des feuilles. De plus pour la résistance des racines on n'a pas suffisamment distingué les conséquences des nodosités et des tubérosités. Seule la formation de ces dernières est importante dans la résistance pratique, certaines espèces résistantes pouvant notamment former beaucoup de nodosités sans présenter un affaiblissement végétatif sensible.

Nous retiendrons finalement dans les recherches faites jusqu'à présent, à peu près exclusivement chez les *Euvites* (genre *Vitis*), que PETRI (1911) a pensé à une certaine action de répulsion des racines de certaines espèces. RAVAZ (1897) tout en confirmant des phénomènes de préférence a déclaré (RAVAZ, 1903) que la résistance des racines était surtout due à la rapidité avec laquelle elles isolent les tissus piqués par l'insecte par une formation de liège. ABESSADZE, MAKAREVSKAJA et ZSCHAKAJA (1930), HUSFELD (1943), HOFMAN (1957) et SPIRIN (1961) sont arrivés à la même conclusion.

Nous avons essayé de concevoir les phénomènes de résistance et de sensibilité au Phylloxéra radicicole *dans l'ensemble de la famille des Vitacées* afin de décomposer la résistance globale en éléments plus simples.

Nous avons en effet pensé que leur manifestation pourrait être observable au cours de nos recherches ultérieures sur le déterminisme de la transmission héréditaire de la résistance à l'aide de tous les croisements génétiquement possibles entre les Vitacées. Au cas où la résistance serait due à plusieurs types d'action génique il serait alors utile de connaître celui qui est le plus intéressant pour les travaux d'amélioration et de déterminer les espèces qui le possèdent dans leur patrimoine héréditaire.

Pour essayer de décomposer le phénomène global de résistance au Phylloxéra radicicole nous avons pensé que le mieux était tout d'abord d'observer *directement* le comportement de phylloxéras sur les racines de plantes dont le degré de résistance ou de sensibilité est bien connu et cela à partir du moment où on apportait les insectes sur ces racines. Ensuite d'observer la réaction éventuelle des racines au point de piqûres phylloxériques, notamment leurs transformations histologiques. Toutes ces observations devraient être effectuées sur les types botaniques de Vitacées les plus variés.

I. — *Étude du comportement du Phylloxéra sur des racines de plantes ayant un degré de résistance ou de sensibilité à l'insecte bien connu*

C'est grâce à notre technique de contamination des racines de vignes isolées en survie en tubes à essai que nous avons pu observer facilement le comportement du Phylloxéra radicicole sur des plantes de résistance différente.

Le matériel végétal utilisé pour ce travail a été de deux types. Tout d'abord des *plantes qui avaient un fond génétique assez peu différent, sauf en ce qui concerne la résistance au Phylloxéra radicicole.* Il s'agissait de descendants F_1 issus de deux croisements entre *V. Berlandieri* et *V. vinifera* dont on avait déjà convenablement déterminé la résistance. Ensuite, passant à un *matériel très divers sur le plan génétique,* nous avons étudié le comportement du Phylloxéra radicicole sur des racines de divers genres de *Vitacées, de diverses espèces du genre* Vitis *et de nombreux hybrides interspécifiques à l'intérieur de ce genre.*

Nous avons apporté sur ces racines des œufs ou des phylloxéras formés dans des galles foliaires suivant la technique précédemment indiquée. Parmi ceux-ci nous savons que certains ne peuvent pas se fixer sur les racines car ils ne peuvent vivre que sur les feuilles pour former de nouvelles galles. Par contre d'autres ont la possibilité de se transformer en radicicoles, ce que nous ne manquerons pas de constater sur les racines de plantes sensibles.

A. *Contaminations de descendants F_1 issus de croisements entre* V. Berlandieri *et* V. vinifera.

Nous avons vu que *V. Berlandieri* est dans le genre *Vitis* une des espèces les plus résistantes au Phylloxéra. De plus on sait que c'est la seule espèce qui ait donné en croisement avec *V. vinifera* des plantes F_1 suffisamment résistantes à l'insecte pour être utilisées comme porte-greffes (exemples 41 B et 333 E.M.).

Les descendants F_1 utilisés sont issus des croisements suivants que nous avons réalisés :

338 : *V. Berlandieri* var. Macquin n° 1 × *V vinifera* var. Chasselas.

339 : *V. Berlandieri* var. Malègue n° 6 × *V. vinifera* var. Aparte probes.

Nous avons travaillé sur 46 de ces descendants représentés chacun en collection par une souche âgée de cinq ans. Ces descendants appartenaient aux diverses classes : 0, 1, 2 et 3 de résistance et de sensibilité au Phylloxéra en serre.

Plusieurs racines de chacun d'eux, de 1-2 mm à 5 mm de diamètre ont été isolées en survie dans des tubes à essai et inoculées par des phylloxéras néo-gallicoles-radicicoles ou des œufs provenant de galles foliaires. Ces racines ne présentaient pas de jeunes radicelles dont l'extrémité était en voie de croissance longitudinale. Autrement dit elles étaient par excellence des racines sur lesquelles peuvent se former uniquement des tubérosités.

Les résultats de nos observations sur le comportement de l'insecte et de ces racines sont les suivants.

On a constaté que les phylloxéras se fixaient après la contamination sur les racines des plantes de la classe 3 en nombre plus ou moins important, qu'ils grossissaient et puis pondaient des œufs parthénogénétiques. Le début de la ponte a commencé dans ces expériences de 23 à 27 jours après l'inoculation. De plus, 40 jours après l'inoculation des racines, on a vu apparaître des renflements aux points où étaient fixés les phylloxéras.

On a observé des faits identiques aux précédents sur les racines des plantes de la classe 2.

On a vu que seuls quelques Phylloxéras se fixaient sur les racines des plantes de la classe 1. La plupart du temps ils ne grossissaient pas, mais dans quelques cas ils

pouvaient être encore vivants un mois après la contamination. Ces insectes n'ont pas produits d'œufs car leur évolution biologique avait été pratiquement arrêtée.

On a constaté presque constamment qu'aucun Phylloxéra ne se fixait sur les racines des plantes de la classe 0. Parfois il s'en fixait un qui ne grossissait pas ; *sur ces racines les phylloxéras mourraient et disparaissaient rapidement.*

Pour voir si les phénomènes précédents se reproduisaient également dans le sol nous avons observé le comportement des phylloxéras néo-gallicoles-radicicoles sur les racines des plantes en pots de 15 descendants F_1 *Berlandieri* × *Vinifera* (338 et 339) dont la résistance était bien connue. Ces pots, contenant 2 boutures racinées du même individu génétique, avaient été contaminés cinq fois entre le 9 juin et le 2 juillet. Les observations ont été faites le 3 juillet, on a alors « dépoté » les plantes et « brisé » la motte de façon à pouvoir observer les racines sur toute leur longueur et en particulier sur leur partie la plus âgée, c'est-à-dire celle qui est proche du talon de la bouture.

Nous avons alors observé que sur les racines des plantes appartenant à la classe 0, il n'y avait, malgré le nombre élevé de contaminations rapprochées, aucun phylloxéra fixé ou en déplacement.

On a vu rarement des phylloxéras fixés ou en train de se mouvoir sur les racines des plantes de la classe 1.

Sur celles des plantes appartenant à la classe 2 il y avait des phylloxéras fixés en nombre plus ou moins important selon les plantes et les variétés.

Enfin on a vu de très nombreux phylloxéras fixés sur les racines des plantes de la classe 3.

On constate donc que les observations effectuées sur des racines isolées en survie et sur des racines appartenant aux mêmes plantes établies en pots concordent parfaitement.

De toutes ces observations on peut tirer la conclusion suivante : *dans le processus qui détermine la résistance au phylloxéra radicicole la répulsion qu'exercent les racines de certaines plantes vis-à-vis de l'insecte joue sûrement un grand rôle.*

Il nous a paru intéressant d'étudier à la lumière de cela le comportement des phylloxéras néo-gallicoles-radicicoles sur les extrémités des radicelles en voie de croissance de plantes établies en pots. Celles-ci sont faciles à observer par simple dépotage sur les bords de la motte de terre au contact du pot. Nous avons observé les mêmes descendants F_1 de *V. Berlandieri* × *V. vinifera* établis en pots et ayant reçu huit contaminations entre le 9 juin et le 9 août. Les observations ont eu lieu le 12 août.

Nous avons constaté que sur les extrémités des radicelles des plantes de la classe 0 de la notation en serre basée sur le nombre de tubérosités, il y avait très peu de phylloxéras fixés. La plupart de ceux qui s'y trouvaient se déplaçaient activement. Ces phylloxéras n'avaient d'ailleurs pas grossi depuis leur sortie de la galle.

Sur les radicelles des plantes de la classe 1, on a vu des groupes de phylloxéras fixés et dont certains avaient une taille deux fois plus grande que celles des individus sortant des galles.

Sur les radicelles des plantes des classes 2 et 3 nous avons vu des groupes très importants de phylloxéras fixés. Pour la classe 2 leur taille était deux fois plus grande que celle d'insectes sortant des galles, pour la classe 3 elle était deux fois et demie plus grande.

On peut donc conclure que le phénomène de résistance des racines des plantes des classes 0 et 1 par répulsion des phylloxéras se retrouve dans les radicelles en voie de croissance longitudinale active des mêmes plantes, mais atténué dans une certaine mesure.

Notons en passant qu'à la fin du mois d'août nous avons examiné les radicelles de toutes les espèces du genre *Vitis* que nous avions contaminées cette année-là en pot et en serre. Nous avons vu que c'étaient *V. rotundifolia*, *V. Berlandieri* et *V. Cordifolia* dont les radicelles présentaient le phénomène de répulsion le plus marqué.

B. *Contaminations de genres, d'espèces et d'hybrides interspécifiques du genre* Vitis.

Il s'est agi à nouveau de contaminations sur des racines isolées en survie en tubes à essai destinées à vérifier si les conclusions précédentes étaient valables pour toutes les Vitacées.

Contrairement au cas précédent, ici le fond génétique du matériel végétal observé était très variable d'un genre à l'autre, d'une espèce et d'une variété à l'autre, d'un hybride interspécifique de *Vitis* simple ou complexe à l'autre. Pour chaque variété la classe de résistance ou de sensibilité en serre est donnée entre parenthèses dans le texte qui suit.

Sur les racines des variétés des espèces de *Parthenocissus* (classe 0), d'*Ampelopsis* (0) et de *Vitis rotundifolia* (0) nous n'avons jamais vu de phylloxéras fixés et neuf jours après l'apport d'insectes ou d'œufs en quantité importante on ne voyait pratiquement plus d'insectes. Quand il y avait un Phylloxéra il se déplaçait rapidement sur la racine et ne se fixait jamais.

Nous avons vu que sur les racines de *V. riparia* Gloire (1) 41 B. (1), 1202 C. (2), Aramon × Rupestris Ganzin nº 9 (2), 23-18 S.V. (1), 12-375 S.V. (2), 23-501 S.V. (1) et 20-365 S.V.(2) il n'y avait que de très rares phylloxéras fixés et qui ne grossissaient pas. Entre sept jours et un mois après l'inoculation selon les variétés, ils avaient complètement disparu.

Sur les racines de S.O. 4 (1) et 333 E.M. (2) on a vu des phylloxéras fixés et dont la taille avait augmenté par rapport à celle des néo-gallicoles-radicicoles apportés lors de la contamination. Sur ces racines ces phylloxéras n'ont jamais pondu.

Sur les racines de *V. rupestris du Lot* (1), *V. vinifera* (Carignan, Grenache, Danugue, tous classe 3), 5 B. B. (1), Baco 1 (3), Berlandieri Colombard nº 2 (3) et 23-657 S.V. (3) des phylloxéras se sont fixés, ont grossi et pondu, la ponte ayant commencé de dix-sept jours à un mois après l'inoculation selon les variétés.

On a vu apparaître des renflements aux points de piqûre, vingt-trois jours après l'inoculation chez *V. vinifera* (3), un mois après chez *V. rupestris du Lot* (1), Baco 1 (3), 8357 S. (2).

Parmi toutes ces variétés le comportement du *V. rupestris* var. *du Lot* (1) et du 5 B.B. (1), paraît curieux. En effet sur ces deux plantes, qui sont résistantes du point de vue pratique, des phylloxéras arrivent à se fixer, à grossir et à pondre.

Il faut alors que dans le processus déterminant la résistance de ces plantes à l'insecte il intervienne un autre phénomène que la répulsion des racines.

Puisque ces variétés sont piquées par le Phylloxéra il est normal de penser que ce sont les suites de la piqûre qui déterminent la résistance. Donc ceci nous amène logiquement à l'étude des tubérosités phylloxériques.

II. — *Étude de l'aspect des tubérosités phylloxériques chez des plantes de résistance ou de sensibilité bien connue en serre et en plein champ*

On a fait cette étude en hiver, lors du dépotage des plants racinés infestés par le Phylloxéra en serre durant la période estivale. Nous avons étudié l'aspect morphologique ainsi que les aspects anatomique et histologique des tubérosités. Cette étude a été faite sur :

— des espèces résistantes et sensibles : *V. riparia, V. rupestris, V. Berlandieri, V. Labrusca, V. Arizonica, V. Doaniana, V. cinerea, V. vinifera.*

— des hybrides porte-greffes de composition génétique connue résistants et sensibles : Noah, 4401 C., Aramon × Rupestris Ganzin nº 9, 1202 C., Cabernet Rupestris Ganzin, 98-76 C., 41 B., 595 Oberlin, Baco 1, Salt creek, Dog Ridge, 8 B., S.O. 4, 5 B.B., 161-49 C., 110 R., Senasqua ;

— des hybrides producteurs de composition génétique complexe et souvent mal connue. Ces hybrides sont plus ou moins résistants ou sensibles. Ce sont : Ravat 6, 22 A. Baco, 255-10 Galibert, 261-13 Galibert, 12-375 Seyve-Villard, 18-315 S.V., 23-18 S.V., 23-501 S.V., 20-365 S.V., 7053 Seibel, 8357 Seibel, 9249 Seibel.

Pour toutes ces variétés nous connaissons bien le degré de résistance ou de sensibilité en serre et en plein champ.

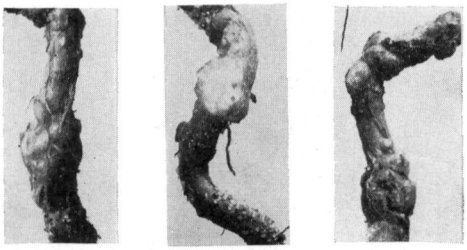


FIG. 11. — *Tubérosités artificielles obtenues par insertion dans des racines de vigne de cristaux d'acide indol-β-acétique.*

L'examen macroscopique des racines et l'examen microscopique des coupes transversales faites dans les tubérosités nous ont conduit aux conclusions suivantes :

1º Lorsqu'une racine de vigne est piquée par le Phylloxéra, sur une partie autre que son extrémité en voie de croissance active, il apparaît une transformation et souvent un renflement de la racine à cet endroit et que l'on appelle d'une manière très générale *tubérosité.* Cela résulte de l'intervention en ces lieux, soit directement à partir du Phylloxéra, soit à partir de la plante sous l'action de l'insecte, de composés ayant une activité auxinique (SCHVESTER, 1960).

2º Il se forme d'autant plus de tubérosités que la plante est plus sensible. Chez les plantes les plus résistantes au Phylloxéra il n'apparaît pas de tubérosités (classe 0 de la notation en serre) ou il en apparaît simplement une ou deux (classe 1 de la notation en serre) sur l'ensemble des racines d'un plant s'étant développé en serre dans un pot tronconique de 12 cm de haut et de 12 cm et 7 cm de diamètres. Par contre, chez les plantes les plus sensibles au Phylloxéra (classe 3) les tubérosités sont contiguës sur toutes les racines.

3° Au point de piqûre phylloxérique il y a le plus souvent néoformation de cellules dans la partie corticale, ce qui donne l'aspect tubéreux à la racine. C'est chez les plantes les plus sensibles au Phylloxéra que ces protubérances sont en général les plus volumineuses. Chez les plantes les plus résistantes du genre *Vitis* (*V. cinera* et 41 B., par exemple) il n'y a pas néoformation des cellules corticales et la racine ne présente pas de boursouflures aux points de piqûres phylloxériques.

On peut provoquer la formation de tubérosités sur des racines de plantes résistantes ou sensibles et en particulier sur celles de plantes qui n'en forment pas sous l'action des piqûres phylloxériques (41 B par exemple), en insérant des cristaux d'acide indol-β-acétique dans la partie corticale de ces racines (fig. 11). Ces tubérosités apparaissent à côté de la partie où a eu lieu l'insertion, une quinzaine de jours après.

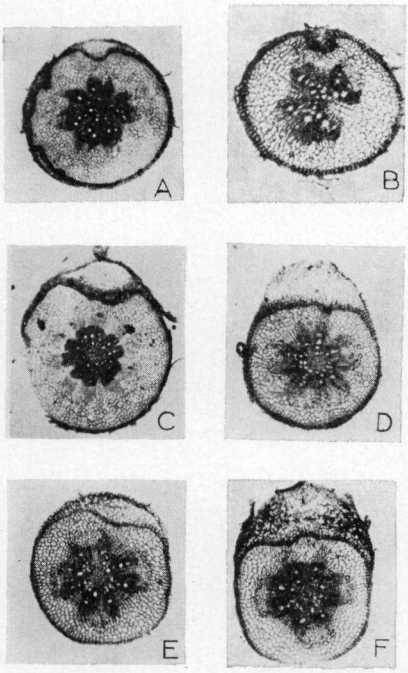


FIG. 12. — *Coupes transversales dans des tubérosités phylloxériques de racines de vignes cultivées en pots et en serre.*
A et D : Riparia-Berlandieri 8 B.
B : *V. Cinerea* var. *Arnold.*
C : *V. Berlandieri* var. Planchon.
E et F : Rupestris-Berlandieri 110 R.

4° Les coupes transversales effectuées dans les tubérosités phylloxériques ont confirmé :

— qu'il y a constamment formation d'un liège épais chez les plantes résistantes (classe 1 de la notation en serre) ;

— que la formation de ce liège est plus ou moins constante chez les plantes plus ou moins sensibles (classes 2 et 3 de la notation en serre) ;

— que chez les plantes très sensibles (classe 3) : *V. vinifera*, 22 A Baco, Senasqua, très souvent il n'y a pas formation de liège.

Pour une espèce donnée le liège se forme aussi bien sur des racines qui se développent en serre que sur des racines qui sont isolées en survie dans un tube à essai où on a apporté des phylloxéras.

Par contre il n'y a pas formation de liège dans les tubérosités artificielles provoquées par l'acide indol-β-acétique sur des racines en terre ou isolées en survie dans un tube à essai.

5° Le lieu de formation du liège est variable selon la résistance des plantes :

— Chez les plantes les plus résistantes de la classe 1 le liège se trouve localisé dans la partie la plus externe du parenchyme cortical de la racine et n'isole alors qu'un tout petit groupe de cellules. C'est le cas chez le *Riparia-Berlandieri* 8 B (fig. 12 A), *V. cinerea* (fig. 12 B), *V. Berlandieri* Planchon (fig. 12 C), le *Vinifera-Berlandieri* 41 B.

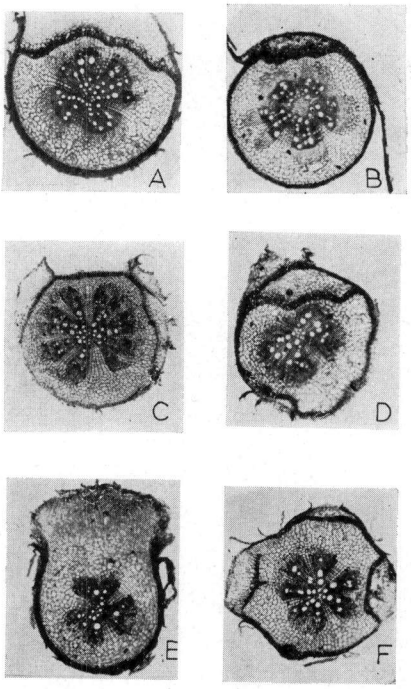


FIG. 13. — *Coupes transversales dans des tubérosités phylloxériques de racines de vignes cultivées en pots et en serre.*

A : *V rupestris* var. du Lot.
B : *V Doaniana.*
C : Riparia-Berlandieri 5 B.B.
D : Salt-Creek.
E et F : Dog-Ridge.

— Chez des plantes de la même classe de résistance le liège peut être localisé au milieu du parenchyme cortical. C'est le cas chez le Rupestris-Berlandieri 110 R (fig. 12 E et F).

— Chez les plantes de la classe 1, le liège peut être parfois presque contigu avec le liber externe. C'est le cas de *V. riparia, V. rupestris* du Lot (fig. 13 A), *V. Doaniana* (fig. 13 B), Riparia-Berlandieri 5 BB (fig. 13 C), Salt Creek (fig. 13 D).

— Chez les plantes appartenant aux classes 2 et 3, le liège est souvent localisé dans le liber et même contre le bois. C'est le cas du 261-13 Galibert (fig. 4 C et D), du Rupestris-Vinifera 4401 C (fig. 14). Parfois le liège ne se forme pas constamment : Dog Ridge (fig. 13 E).

De toute façon, que le liège se forme dans la partie médiane du parenchyme cortical ou qu'il se forme dans les tissus conducteurs, on constate qu'il isole toujours des groupes importants de cellules.

6° Les tissus isolés par le liège devenant des tissus morts, ceux-ci sont normalement rapidement altérés par divers champignons parasites (MILKO, 1961). Dans ce cas cette altération ne paraît avoir de graves conséquences pour la racine, et par là pour la plante, que si le liège de la tubérosité se trouve localisé dans le liber ou au voisinage du bois.

Même quand il n'y a pas formation de liège comme chez les plantes sensibles il y a cependant altération des tissus néoformés qui sont très fragiles par suite de leur contact direct avec la terre, c'est-à-dire avec une foule de microorganismes saprophytes. Dans ce cas, comme il n'y a pas de barrière subéreuse isolante qui puisse arrêter l'altération, celle-ci gagne les tissus conducteurs jusqu'au centre de la racine ce qui amène la destruction de cette dernière dans la zone de piqûre.

Comme l'ont dit RAVAZ (1903) et plus récemment SPIRIN (1961) la résistance au Phylloxéra radicicole dans le genre *Vitis* paraît bien dépendre de la rapidité avec laquelle est formée dans la partie corticale de la racine un liège qui isole la

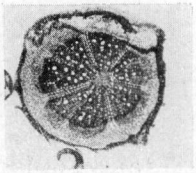


FIG. 14. — *Coupe transversale dans une racine d'un plant de* Rupestris × Vinifera 4401 C. *cultivé en serre.*

partie piquée par l'insecte où en particulier les cellules ont proliféré d'une manière anarchique chez un certain nombre d'espèces. Cette réaction de défense est d'ailleurs perceptible très tôt chez les Vitacées les plus résistantes qui ne forment pourtant pas de tubérosités. En effet nous avons vu lors de l'examen de l'extrémité de radicelles de *Parthenocissus*, *Ampelopsis* et de *V. rotundifolia*, inoculées par le Phylloxéra, qu'il apparaissait de petites nécroses aux points de piqûre. Ces nécroses étaient toujours entourées d'une zone subéreuse (fig. 7 par exemple) qui se forme très rapidement, très peu de temps après la piqûre.

III. — *Conclusion*

Il paraît y avoir deux types de causes de résistance au Phylloxéra radicicole qui interviennent chez les Vitacées.

1° Tout d'abord quand le Phylloxéra est apporté sur une racine d'une variété donnée il peut y rencontrer des conditions propres à cette racine qui l'empêchent de s'y fixer dessus pour piquer et se nourrir de façon à assurer son développement

normal. C'est là, pour employer le terme de PAINTER (1951), un phénomène de *résistance par « antibiosis »*. Il semblerait que cette cause agisse à des degrés divers dans la famille des Vitacées. Elle apparaît très nettement chez les racines et radicelles de *Leea, Cissus* et *Tetrastigma*. Elle est très nette également chez les racines de *Parthenocissus* et *Ampelopsis*, mais un peu moins nette chez leurs radicelles. Dans le genre *Vitis* cette cause de résistance se ressent aussi nettement que chez les deux genres précédents sur les radicelles et les racines de *V. rotundifolia*, un peu moins sur celles de *V. Berlandieri* et de plantes F_1 issues de croisements entre *V. vinifera* et *V. Berlandieri*. Cette cause intervient moins nettement encore pour les racines et les radicelles d'espèces comme *V. rupestris* ou *V. riparia*. Enfin cette cause n'intervient pas chez l'espèce très sensible *V. vinifera* et chez beaucoup d'hybrides interspécifiques dans la composition desquels elle entre.

2° Ensuite, lorsque le Phylloxéra apporté sur une racine d'une variété donnée peut se fixer, piquer, se nourrir et pondre, c'est une autre cause de résistance qui intervient pour limiter sur la racine les conséquences néfastes de la piqûre. Il s'agit de la formation dans la tubérosité d'un liège qui circonscrit plus ou moins la mort de tissus radiculaires. Il semblerait que cette cause de résistance se manifeste chez toutes les Vitacées qui peuvent être piquées par l'insecte (*Parthenocissus, Ampelopsis, Vitis*) mais c'est surtout dans le genre *Vitis* qu'elle joue un rôle important du point de vue pratique parce que les lésions phylloxériques y sont plus étendues.

Il s'agit là d'une réaction de la plante à la suite de la piqûre, autrement dit d'une *résistance par « tolérance »* pour reprendre le terme utilisé par PAINTER.

CONCLUSION GÉNÉRALE

Notre étude de la distribution et des causes de la résistance au Phylloxéra radicicole chez les Vitacées permet de prendre encore une fois conscience de l'entité remarquable que constitue cette famille botanique.

Chez les genres taxonomiquement les plus éloignés de la vigne cultivée, nous avons vu que la résistance au Phylloxéra radicicole apparaît comme résultant d'un phénomène de répulsion des racines à l'égard de l'insecte. Il est plus net chez les genres *Leea, Tetrastigma* et *Cissus* que chez les genres *Parthenocissus* et *Ampelopsis* qui sont botaniquement plus voisins des vignes cultivées sensibles.

Dans le genre *Vitis*, le sous-genre des *Muscadiniae* (*V. rotundifolia*) assure la liaison phylogénétique entre les *Ampelopsis* et le sous-genre des *Euvites*, — espèces américaines, asiatiques et européenne — où la résistance, si elle est encore due chez certaines à un phénomène de répulsion des racines, dépend surtout de la réaction de ces organes après les piqûres du Phylloxéra. C'est alors un liège qui, suivant le lieu où il se forme dans les tissus radiculaires, permet aux espèces de tolérer plus ou moins bien les piqûres de l'insecte.

La détermination de la résistance de nombreuses espèces du genre *Vitis* nous permet de voir quels peuvent être éventuellement des géniteurs de résistance, bien que leur choix rationnel ne puisse être fait qu'après la connaissance exacte du mode de transmission héréditaire de leur résistance.

Parmi les hybrides interspécifiques porte-greffes dont la résistance a été évaluée nous retiendrons surtout que l'emploi de certains d'entre eux qui ont été étudiés aux États-Unis doit se faire avec circonspection. Il s'agit en particulier de la série sélectionnée pour sa résistance aux nématodes parasites de la vigne. Seul le Salt Creek est bien résistant au Phylloxéra. Le Dog Ridge et surtout le 1613 *C* paraissent sensibles.

Enfin en ce qui concerne les hybrides interspécifiques appelés communément « hybrides producteurs directs » et cultivés pour la production de leurs fruits, peu nombreux sont ceux qui peuvent être cultivés sur leurs propres racines, surtout parmi les plus récemment obtenus par les sélectionneurs. Ils ne peuvent être valablement cultivés qu'établis sur porte-greffes résistants, particulièrement quand les conditions de milieu sont très favorables au développement du Phylloxéra radicicole.

Reçu pour publication en avril 1966.

ANNEXE I

NOTATION EN SERRE DE LA RÉSISTANCE AU PHYLLOXÉRA D'ESPÈCES ET D'HYBRIDES D'ESPÈCES DU GENRE « VITIS »

A. — ESPÈCES

Vitis riparia

— *Variétés de classe* 0 : Meissner nos 5, 6, 8, 10 ; Scupernon ; du Kansas ; pubescent blanc ; Schribner ; du Canada ; à grandes feuilles glacées ; à feuilles lisses rouges ;du territoire indien ; Baron Périer ; belle souche ; rouge à gros pieds ; à bourgeons bronzés n° 2 ; Beaupré.

— *Variétés de classe 1* : à bourgeons dorés ; à bourgeons bronzés ; Portalis rouge ; pubescent Denis ; à grandes feuilles ; à grandes feuilles glabres ; à feuilles vernies Fabry ; Sericea ; Meissner nos 1, 3, 4, 7, 8, 12 ; Gloire de Montpellier ; à lobes acuminés ; à lobes convergents ; géant de Las Sorres ; Grand glabre ; Martineau ; bois rouge ; Fabre ; sombre n° 2 ; rouge mâle ; mâle ; des bords sableux ; Audouard ; Maurin ; Lombard ; Vulpina ; pubescent rouge ; Paul Estève ; Bazille ; duc de Palban ; violet Lautrec ; Martin des Paillères ; Michel ; pubescent bleu ; pousses vineuses ; vernis luisant ; Pulliat.

— *Variété de classe 2* : Meissner n° 9.

Vitis Berlandieri

— *Variétés de classe 0* : Malègue nos 21, 43 ; from chalky ; Salomon n° 2 ; Resseguier n° 2 ; Tibbal n° 2 ; Las Sorres n° 7 ; Macquin n° 1 ; Thyers ; Millardet ; des calcaires.

— *Variétés de classe 1* : Malègue nos 6, 112, 120 ; Salomon nos 1, 4, 5 ; Macquin nos 1, 2 ; Tibbal n° 3 ; Rességuier n° 1 ; Boutin ; d'Angeac ; Viala ; Alazard ; École ; Gaillard ; Mazade ; Trabut ; Planchon.

— *Variétés de classe 2* : Las Sorres n° 9 ; Macquin n° 6.

Vitis rupestris

— *Variété de classe 0* : Ganzin.

— *Variétés de classe 1* : du Lot ; à pousses violettes ; Martin ; violet ; Blanc T. nº 1 ; Gaillard ; Géant ; Centro ; Mission ; Tyran ; St-Georges étalé ; métallique.

— *Variétés de classe 2* : Viala ; Gaillard ; Staminate ; Fort Worth nº 1 et 3 ; Blanc T nº 2.

Vitis Labrusca

— *Variétés de classe 1* : Maxatawney ; Concord ; Perkins ; Cassady ; Elisabeth ; Muscadine ; Muncy ; Miles ; Rebecca ; Israella ; Échionie de Vivie ; Sylvestre Warre.

— *Variétés de classe 2* : North Carolina ; Ive's seedling.

— *Variétés de classe 3* : Caroline ; Isabelle.

Vitis cordifolia

— *Variété de classe 0* : mâle.

— *Variétés de classe 1* : A, B, nº 1, de la collection de l'École nationale supérieure agronomique de Montpellier (E.N.S.A.M.).

Vitis cinerea

— *Variétés de classe 1* : Couderc, Arnold ; *V. cinerea* collection E.N.S.A.M.

Vitis monticola

— *Variété de classe 2* : Valmy.

— *Variété de classe 3* : nº 1 de la collection E.N.S.A.M.

Vitis candicans

— *Variété de classe 1* : A de la collection E.N.S.A.M.

— *Variété de classe 2* : B de la collection E.N.S.A.M.

Vitis vinifera

— Toutes les variétés appartiennent à la classe 3.

Vitis divers

Ces espèces ne sont représentées dans les collections E.N.S.A.M. que par une variété.

— *Espèces de classe 0* : *V. reticulata* ; *V. betulifolia.*

— *Espèces de classe 1* : *V. Coignetiae* ; *V. Doaniana.*

— *Espèces de classe 2* : *V. Piazeskii* ; *V. pubescens* ; *V. Thumbergii.*

— *Espèces de classe 3* : *V. Davidii* ; *V. Arizonica* ; *V. Girdiana* ; *V. Amurensis* ; *V. Palmata.*

B. Hybrides interspécifiques

Riparia-Rupestris

— *Classe 0* : 16-107 et 16-109 Prosperi.

— *Classe 1* : 3306, 3307 et 3309 Couderc ; Molines ; San Michele ; 2 A Paulsen ; 3310 Bertille Seyve ; 101-1, 101-10, 101-14 et 101-16 Millardet et de Grasset ; 11 F Dufour.

— *Classe 2* : Massanes pubescent ; Massanes glabre ; Alphonse Blanc ; 16-108 Prosperi.

— *Classe 3* : 108-16 Millardet et de Grasset.

Riparia-Berlandieri

— *Classe 0* : 189 Ruggeri ; faux 8 B E.N.S.A.M. ; 125 AA ; 420 A, 420 B Millardet.

— *Classe 1* : 33 et 34 E.M. ; 503 Barr ; 193, 205, 225, 240, 300, 322, 325 et 333 Ruggeri ; 7501 et 7605 Castel ; 5 BB Teleki ; 5 BB Clavel ; 5 C Ravat ; 5 C Chissay, 5 C Chabrol ; 8 B mâle, 8 B femelle, 8 B sélection Ferrari ; SO 4 ; 59 B ; 157-11 et 161-49 Couderc ; 420 C Millardet.

— *Classe 2* : 5 BB rouge de Sarrians.

Rupestris-Berlandieri

— *Classe 0* : 779 et 1381 Paulsen ; 301-43-152 Millardet ; 10 A Teleki ; 444 Grimaldi.

— *Classe 1* : 725, 764, 771, 775, 781, 782, 1103, 8302 et 8734 Paulsen ; 20-035 Castel ; 42, 131 et 140 Ruggeri ; 301-14-152 Millardet ; 99, Super 99 et 110 Richter ; V 15 Vivet ; 261-50 Couderc.

— *Classe 2* : 7.821 et 20.029 Castel.

— *Classe 3* : 20.031 Castel.

Vinifera-Riparia

— *Classe 0* : 44 Laquennexy.

— *Classe 1* : 143 Millardet et de Grasset ; 142 E.M. ; 151 Geisenheim.

— *Classe 2* : 26, 43 et 210 Geisenheim.

— *Classe 3* : 56, 62, 97, 200 et 208 Geisenheim.

Vinifera-Berlandieri

— *Classe 1* : 41 B Millardet ; 904 Vidal ; 57 Malègue ; Berlandieri-Colombard n° 3.

— *Classe 2* : 333 E.M. ; Berlandieri-Colombard 1 B.

— *Classe 3* : 55 Ruggeri ; Berlandieri-Colombard 1 A, n° 2.

Vinifera-Rupestris

— *Classe 1* : 96-32, 503, 601 et 1305 Couderc ; Aramon × Rupestris Ganzin nº 2
— *Classe 2* : 93-5, 404, 1202, 3103 et 4401 Couderc ; 136 E.M. ; Cabernet × Rupestris Ganzin ; Aramon × Rupestris Ganzin nº 1 et 9.
— *Classe 3* : Burger × Rupestris du Lot.

Vinifera-Labrusca

— *Classe 2* : Triumph.
— *Classe 3* : Salem, Senasqua.

Vinifera-Cordifolia

— *Classe 2* : 98-76 Couderc ; 5407 Couderc.

Vinifera-Cinerea

— *Classe 1* : Roussanne-Cinerea.

Vinifera-Monticola

— *Classe 1* : 414 Foex.

Vinifera-Candicans (classe 1)

Riparia-Cordifolia

— *Classe 1* : 125-1 et 125-4 Millardet et de Grasset.

Riparia-Candicans

— *Classe 0* : Riparia-Candicans.
— *Classe 1* : Novo Mexicana microsperma.

Riparia-Aestivalis

— *Classe 0* : Azemar.

Riparia-Solonis

— *Classe 0* : 1615 et 1616 Couderc.

Riparia-Monticola

— *Classe 1* : 18.804, 18.808, 18.815 Castel ; 2 Ravaz ; Colorado B, C, Malègue et Cognac.
— *Classe 2* : 548-1 Couderc.

Riparia-Labrusca

— *Classe 1* : Noah.

Rupestris-Cinerea

— *Classe 1* : Rupestris × Cinerea ; de Grasset.

Rupestris-Candicans

— *Classe 1* : Champin.

Rupestris-Solonis

— *Classe 1* : 215-1 et 227-1 Castel.

Rupestris-Cordifolia

— *Classe 1* : Jardin ; de Grasset nº 1.
— *Classe 2* : 107-11 Millardet.

Rupestris-Monticola

— *Classe 1* : 548-1 Couderc.

Berlandieri-Candicans

— *Classe 1* : Bowery ; Barnes ; Bouisset.

Berlandieri-Solonis

— *Classe 1* : 45 E.M.

Aestivalis-Coriacea

— *Classe 1* : Simpsonii fertile.

Labrusca-Aestivalis

— *Classe 0* : Bayley.
— *Classe 1* : York Madeira.
— *Classe 2* : Diana ; Catawba.
— *Classe 3* : Iowa.

Labrusca-Lincecumii

— *Classe 1* : Dr. Collier.

Riparia-Rupestris-Candicans

— *Classe 1* : Moobetie nº 1, nº 2 ; 202-4 Millardet et Grasset ; Hutchinson ; 216-3 Castel.

Riparia-Rupestris-Vinifera

— *Classe 1* : 196-17 Castel ; Golia ; 201 Millardet ; 4010 Castel.

Les deux derniers hybrides tendent vers la classe 2.

Vinifera-Labrusca-Aestivalis

— *Classe 1* : Ithaca ; W. B. Munson.

Riparia-Rupestris-Berlandieri

— *Classe 0* : 1120 Paulsen ; 5-32 Prosperi.
— *Classe 1* : 305 et 312 Galibert ; 1171 Prosperi.
— *Classe 2* : 309 et 311 Galibert ; 1119 Paulsen.

Riparia-Rupestris-Solonis

— *Classe 2* : G 1 Grizot.

Riparia-Rupestris-Cordifolia

— *Classe 1* : 44-53 Malègue ; 106-8 Millardet.

Riparia-Rupestris-Labrusca

— *Classe 1* : 1447 Geisenheim.

Vinifera-Rupestris-Berlandieri

— *Classe 0* : 1321 Paulsen ; 204-10 Castel.
— *Classe 1* : 1043 Paulsen ; 2427 Grimaldi ; 150-15 Malègue.
— *Classe 2* : 1323 Paulsen.
— *Classe 3* : T A 9 (Tel-Aviv).

Vinifera-Rupestris-Cordifolia

— *Classe 1* : 62-66 Couderc.

Vinifera-Rupestris-Monticola

— *Classe 1* : 13.205 Couderc.

Berlandieri-Rupestris-Cordifolia

— *Classe 1* : 1737 Millardet.

Berlandieri-Candicans-Riparia-Rupestris

— *Classe 0* : 31 Richter.

Solonis-Labrusca-Aestivalis

— *Classe 2* : 59 et 160 Geisenheim.

Solonis-Labrusca-Riparia-Vinifera

— *Classe 3* : 1613 Couderc.

Berlandieri-(Vinifera-Berlandieri)

— *Classe 0* : 107 Vidal.

Rupestris-(Berlandieri-Rupestris).

— *Classe 0* : 404 et 408 Galibert.
— *Classe 1* : 417 Galibert.

Rupestris-Vinifera-Riparia-Labrusca-Aestivalis-Cinerea-Vinifera

— *Classe 3* : Excelsior.

Hybrides de Candicans

— *Classe 1* : Solonis.
— *Classe 2* : Solonis à feuilles lobées.

Divers

— *Classe 1* : Salt Creek ; Farotto.
— *Classe 2* : Dog Ridge.

ANNEXE II

NOTATION EN PLEIN CHAMP DE 0 (TRÈS RÉSISTANT) A 5 (TRÈS SENSIBLE) DE LA RÉSISTANCE ET DE LA SENSIBILITÉ AU PHYLLOXÉRA RADICICOLE D'UNE COLLECTION D'HYBRIDES NON GREFFÉS DANS UN TERRAIN TRÈS PHYLLOXÉRANT ET AGÉE DE VINGT ANS [1].

Baco :

1 : 0	22 A : 2	Estellat : 4
2-16 : 0	37-16 : 4	

Beyer :

2 : 4

[1] Il a déjà été donné la résistance au Mildiou et à l'Oïdium de ces hybrides (BOUBALS 1956, 1961).

Burdin :

1585 : 4	4687 : 4	5963 : 3
4077 : 2	4716 : 5	6055 : 1
4503 : 0	5201 : 4	6154 : 4
4650 : 2	5440 : 3	6541 : 4
4655 : 4	5540 : 4	
4672 : 4	5960 : 5	

Castel :

196-37 : 0

Chambeaudière :

426 : 4	1336 : 1	1375 : 0
442 : 2	1337 : 3	1391 : 2
540 : 2	1349 : 0	

Couderc :

2 : 5	14 : 3	23 : 4
3 : 0	15 : 1	24 : 0
4 : 5	16 : 2	25 : 0
5 : 0	17 : 0	26 : 5
8 : 5	18 : 0	633 H : 0
9 : 0	19 : 5	4401 : 5
10 : 0	20 : 2	7120 : 5
12 : 3	21 : 1	
13 : 2	22 : 2	

Emon :

9 : 5

Gaillard :

2 : 4

Galibert :

114-12 : 4	201-5 : 0	255-10 : 2
115-22 : 5	221-31 : 5	256-28 : 4
133-6 : 5	238-35 : 5	261-11 : 4
153-11 : 1	239-34 : 5	261-12 : 1
155-9 : 5	239-36 : 5	261-13 : 4
155-11 : 4		

Guilly :

Excelsior : 5

Humbert :

3 : 0

Joussely :

1 : 2
2 : 2

Jurie :

580 : 0

Kühlmann :

65-1 : 0
149-3 : 3
187-1 : 4
188-2 : 5
191-2 : 5
192-2 : 3
193-2 : 0
193-3 : 2
237-1 : 5
237-2 : 5
252-1 : 3
252-3 : 3
267-1 : 5
272-1 : 3
275-2 : 4
277-2 : 5
278-2 : 4
296-1 : 5
319-3 : 0
477-1 : 5

Landot :

204 : 5
234 : 5
244 : 2
301 : 5
304 : 5
508 : 4
540 : 4
562 : 0
760 : 4
790 : 4
1674 : 0
1678 : 4
1680 : 4
2281 : 3
2282 : 2
2283 : 5
2291 : 2
2380 : 4
2517 : 6

Meynieu :

1 : 0
3 : 0
6 : 2

Oberlin :

595 : 2
604 : 2
605 : 0
702 A : 5
782 : 5

Seibel :

1 : 3
128 : 2
156 : 2
880 : 5
1000 : 0
2003 : 2
2007 : 3
2653 : 5
3021 : 4
4111 : 4
4629 : 3
4643 : 4
4646 : 2
4681 : 5
6339 : 0
6468 : 5
6606 : 4
6623 : 4
6740 : 2
6746 : 5
6905 : 3
6906 : 4
6980 : 4
7001 : 4
7044 : 4
7053 : 3
7122 : 5
7144 : 2
9549 : 5
10027 : 2
10033 : 4
10096 : 5
10123 : 3
10417 : 5
10793 : 2
10809 : 4
10868 : 4
10878 : 2
11027 : 2
11257 : 4
11259 : 1
11342 : 2
14866 : 4
14937 : 0
14994 : 5
14995 : 3
15024 : 5
15027 : 4
15051 : 0
15062 : 0
15245 : 5

4762 : 4
4825 : 5
4877 : 4
4955 : 1
4986 : 1
4991 : 5
4995 : 0
5001 : 4
5061 : 0
5163 : 4
5213 : 5
5279 : 2
5351 : 4
5409 : 2
5437 : 0
5450 : 3
5455 : 3
5474 : 4
5575 : 0
5593 : 2
5689 : 3
5717 : 4
5813 : 5
5860 : 4
5897 : 4
5898 : 0
5912 : 4
5915 : 5
6045 : 5
6086 : 4
6092 : 0
6093 : 5
6170 : 5
7157 : 3
7162 : 1
7311 : 4
7603 : 3
7606 : 4
7871 : 2
7882 : 3
7892 : 3
7984 : 1
8120 : 4
8214 : 4
8217 : 3
8243 : 3
8337 : 4
8357 : 1
8380 : 3
8402 : 3
8602 : 2
8616 : 2
8704 : 3
8718 : 4
8724 : 0
8745 : 0
8748 : 2
8764 : 1
8786 : 1
8820 : 0
8906 : 2
8916 : 3
8974 : 0
9045 : 2
9110 : 5
9249 : 3
11437 : 0
11486 : 2
11697 : 0
11701 : 3
11705 : 5
11803 : 5
11929 : 0
12242 : 5
13047 : 3
13669 : 3
13680 : 4
13682 : 3
13693 : 3
13694 : 5
13695 : 5
13846 : 2
14114 : 2
14117 : 4
14189 : 1
14266 : 5
14326 : 5
14404 : 4
14483 : 0
14514 : 4
14526 : 2
14572 : 4
14596 : 3
14638 : 1
14639 : 4
14654 : 4
14660 : 4
14664 : 4
14676 : 4

Péage :

5-10 : 5

Perbos :

48 : 3
81 : 4
82 : 5
137 : 5

Perraton :

34 : 4
36 : 3

Ravat :

6 : 1
8 : 5
16 : 4
34 : 3
262 : 3
327 : 0

13 : 0
15 : 2
51 : 2
253 : 0

Rudelin :

3 : 4

Bertille-Seyve :

872 : 1
2400 : 3
2667 : 3
2846 : 3
2862 : 3
3310 : 3
3408 : 3
3411 : 3
4825 : 5
5563 : 5
6264 : 5
6283 : 5

Joannès-Seyve :

9-149 : 5
11-369 : 3
12-426 : 3
12-428 : 3
12-448 : 1
13-733 : 4
13-756 : 4
14-928 : 1
14-982 : 5
15-875 : 5
16-150 : 4
23-284 : 3
23-416 : 1
24-397 : 4
24-398 : 5
24-610 : 3
24-614 : 4
24-651 : 3
25-444 : 2
25-874 : 4
26-205 : 0
26-482 : 5
26-487 : 3
26-490 : 4
26-649 : 3
26-627 : 5
26-654 : 3
26-674 : 4
26-924 : 4

Seyve-Villard :

1-72 : 2
3-160 : 2
5-247 : 1
5-276 : 2
7-111 : 3
7-135 : 3
10-271 : 4
10-300 : 5
10-319 : 5
10-347 : 3
11-318 : 2
12-129 : 3
12-132 : 2
12-259 : 3
12-267 : 5
12-286 : 3
12-303 : 2
12-308 : 3
12-309 : 3
12-327 : 4
12-328 : 3
12-331 : 5
12-390 : 2
12-391 : 5
12-395 : 5
12-397 : 0
12-401 : 5
12-413 : 5
12-417 : 6
12-426 : 3
12-481 : 5
12-622 : 4
12-734 : 5
12-789 : 5
13-359 : 5
14-270 : 3
14-281 : 4
14-287 : 4
15-151 : 0
15-174 : 4
15-403 : 4
15-505 : 0
16-207 : 4
18-118 : 4
18-402 : 4
19-159 : 3
19-228 : 2
19-233 : 2
19-410 : 1
19-421 : 4
19-439 : 3
23-18 : 4
23-353 : 3
23-369 : 3
23-410 : 4
23-501 : 3
23-510 : 5
23-512 : 4
23-545 : 4
23-657 : 3
23-898 : 4
29-399 : 3
30-56 : 4
34-211 : 4
39-639 : 5

12-347 : 3	18-283 : 3
12-358 : 5	18-307 : 5
12-364 : 1	18-315 : 4
12-375 : 3	
Vidal :	
254 : 2	256 : 0

SUMMARY

A STUDY OF THE DISTRIBUTION AND CAUSES OF RESISTANCE TO RADICICOLOUS PHYLLOXERA IN THE VITACEAE

A method for the quick determination of the degree of resistance of vines to radicicolous phylloxera bas been developed. It consists of greenhouse contamination four times a year of cuttings rooted in pots, using foliar phylloxeric galls. The results given by this method agree well with the responses to phylloxera in the non-grafted established varieties of vine in the field.

The degree of resistance of six genera of the *Vitaceae* was determined under identical conditions by this method (20 species represented by 229 varieties, and 208 interspecific hybrids), using stocks in particular (see Appendix I). Moreover, observations made in a collection established twenty years ago in the field (part grafted and part ungrafted) allowed the exact phylloxeric resistance of 409 interspecific hybrids called « direct producers » and obtained in France to be determined (see Appendix II).

The behaviour of phylloxera on the roots of numerous representatives of the *Vitaceae* has been studied. Observations were made in the field, in pots in greenhouses, and in glass tubes in the laboratory. By this means, the causes of vine resistance to radicicolous phylloxera were determined. They appear to be of two types — a repulsion of the insect by the root, and the formation of a layer of cork around the lesion. The layer varies in thickness according to the degree of resistance of the plant to the insect.

The first type appears especially in the genera *Leea*, *Tetrastigma*, and *Cissus*. It also appears quite markedly in *Parthenocissus* and *Ampelopsis*, and in *Vitis rotundifolia*. Other species of the genus *Vitis* vary in degree of resistance, but none are as resistant in this way as those above.

The second type of resistance, that is the formation of cork in the parts of the root punctured by phylloxera, is shown by all the *Vitaceae*, but it is in the genus *Vitis* especially that it is of practical importance since in this genus the lesions due to phylloxera are more diffuse.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ABESSADZE K. J., MAKAREVSKAJA K. E., ZSCHAKAJA K. E., 1930. Über die verschiedenen grade der Widerstandsfähigkeit gegen Reblaus allgemein verbreiteter georgischer Rebensorten, bedingt durch die Unterschiede in der anatomischen Struktur ihrer Wurzeln. Scientific papers of the applied Sections of the *Tiflis Botan. Garden*, H 7.

ANDERS F., 1957. Über die gallenerregenden Agenzien der Reblaus (*Viteus Phylloxera vitifolii* SHIMER). *Vitis*, **1**, 121-124.

BECKER H., 1960. Untersuchungen an hochresistenten Unterlagen. *Weinb. Keller*, **7**, 291-300.

BÖRNER C., SCHILDER F. A., 1934. Beitrage zur Zuchtung Reblaus und mehltaufester Reben. *Mitt. biol. Bundesanst. Land u. Forstwirtsch.*, **49**, 17-34.

BÖRNER C., 1939. Anfalligkeit, Resistenz und Immunität er Reben gegen die Reblaus. *Z. Hyg. Zool. Schadlingsbekanspfung*, **31**, 274.

BOUBALS D., 1956. Amélioration de la résistance de la vigne au Mildiou (*Plasmopara viticola* (B. et C.) BERLESE et DE TONI). Recherche de géniteurs de résistance. *Ann. Amélior. Plantes*, **4**, 481-525.

BOUBALS D., 1959. Contribution à l'étude des causes de la résistance des Vitacées au Mildiou de la Vigne (*Plasmopara viticola* (B. et C.) BERL. et DE T.) et de leur mode de transmission héréditaire. Th. de doctorat ès sciences. *Ann. Amélior. Plantes*, **9**, 1-233.

BOUBALS D., 1961. Étude des causes de la résistance des Vitacées à l'Oïdium de la Vigne : *Uncinula necator* (SCHW.) BURR. et de leur mode de transmission héréditaire. *Ann. Amélior. Plantes*, **11**, 401-500.

BOUBALS D., 1962. Données récentes obtenues à la Station de Recherches viticoles de Montpellier sur les modalités de la résistance de la Vigne à ses principaux parasites. *Troisième Congrés de l'Association européenne pour l'Amélioration des Plantes* (*EUCARPIA*). Paris 21-28 mai 1962, 101-105.

BRANAS J., 1963. Dépérissement du 41 B en Charente. Phylloxéra et court-noué. *Progr. agric. vitic.*, **161**, 178-186.

BREIDER H., 1939. Untersuchungen zur vererbung der Widerstandsfähigkeit von Weinreben gegen die Reblaus. *Z. Pflanzenzücht.*, **32**, 4, 1.

BREIDER H., 1939. Morphologisch, anatomische Merkmale der Rebenblätter als Resistenzeigenschaften gegen die Reblaus *Phylloxera vastatrix* PLANCH. *Züchter*, **11**, 8.

DAVIDIS U. X., OLMO H. P., 1964. The *Vitis vinifera* × *V. rotundifolia* hybrids as phylloxera resistant rootstocks. *Vitis*, **4**, 2, 129-143.

GALET P., 1956. *Cépages et vignobles de France.* Tome I, p. 281. P. Dehan, Montpellier.

HOFMANN E. L., 1957. Untersuchungen über unterschiedliche Nodositätbildung an der Wurzel Verschiedener Reben-sorten bei Reblausbefall und deren Bedentung für die Resistenzzüchtung. *Vitis*, **1**, 66-81.

HOFMANN E. L., 1957. Die Histologie der Nodositäten verschiedener Rebensorten bei Reblausbefall. *Vitis*, **1**, 125-141.

HUSFELD B., 1963. Méthodes de détermination de la résistance de la Vigne au Phylloxéra. *Bull. O. I. V.*, **36**, 392, 1164-1173.

KISKIN P. K., TCHEBOTAR T. I., 1961. Détermination de la résistance au Phylloxéra suivant un système de notes (en russe). *Acad. Sci. Moldavie*, Kichinev (S. S. R.). *Inst. Zool.* Phylloxéra et moyens de lutte. Publication I, 47-51.

KISKIN P. K., 1961 a. Méthodes de détermination de la résistance au Phylloxéra de la Vigne (en russe). *Acad. Sci. Moldavie*, Kichinev (S. S. R.). *Inst. Zool.* Phylloxéra et moyens de lutte. Publication I, 30-46.

KISKIN P. K., 1961 b. Influence du délai de la contagion par le Phylloxéra sur la longévité de la souche de Vigne (en russe). *Acad. Sci. Moldavie*, Kichinev (S. S. R.) Inst. Zool. Phylloxéra et moyens de lutte. Publication I, 67-70.

KISKIN P. K., 1961 c. Régénération des racines et résistance de la Vigne au Phylloxéra (en russe). *Acad. Sci. Moldavie*, Kichinev (S. S. R.). *Inst. Zool.* Phylloxéra et moyens de lutte. Publication I, 71-81.

LAFON J., COUILLAUD P., HUDE P., 1960. *Maladies et parasites de la Vigne.* Tome II, p. 14, J. B. Baillère, Paris.

MILKO A. A., 1961. Décomposition des racines de Vigne après les dommages causés par le Phylloxéra (en russe). *Acad. Sci. Moldavie*, Kichinev (S. S. R.). *Inst. Zool.* Phylloxéra et moyens de lutte. Publication I, 58-66.

MILLARDET, 1897. Américains ou franco-américains. *Rev. Vitic.*, **8**, (207), 606-612.

PAINTER R. H., 1951. *Insect resistance in crop plants.* 520 pp. Macmillan, New York.

PETRI L., 1911. L'acidité des sucs et la résistance phylloxérique. *Rev. Vitic.*, **35**, 487-492, 505-508, 544-541.

PRINTZ I. I., 1955. Bases biochimiques de l'immunité envers le Phylloxéra. *Bull. O. I. V.* **294**, 82-83.

PRINTZ I. I., 1961. Problèmes phylloxériques actuels (en russe). *Acad. Sci. Moldavie*, Kichinev (S. S. R.). *Inst. Zool.* Phylloxéra et moyens de lutte. Publication I, 3-8.

RAVAZ L., 1897. Contribution à l'étude de la résistance phylloxérique. *Rev. Vitic.*, **7**, (163), 109-114, 137-142 ; (166), 193-199.

RAVAZ L., 1902. Les vignes américaines. *Porte-greffes et producteurs directs.* Caractères. Aptitudes. 38-43. Coulet (Montpellier), Masson (Paris).

RAVAZ L., 1903. Nouvelles recherches sur la résistance au Phylloxéra. *Ann. Éc. nat. agr. Montpellier*, **1**, 1-20.

SCHVESTER D., 1960. Quelques aspects biochimiques de la résistance des Vignes au Phylloxéra. *Rev. Zool. agric. appl.* 1, 3, 1-5.

SPIRIN M. E., 1961. Vitesse de formation du liège dans les racines de Vigne suivant les différences de résistance au Phylloxéra (en russe). *Acad. Sci. Moldavie*, Kichinev (S. S. R.). *Inst. Zool.* Phylloxéra et moyens de lutte. Publication I, 52-58.

WINKLER A. J., 1962. *General viticulture.* 603-604. University of California Press, Berkeley and Los Angeles.

Ann. Amélior. Plantes, 1966, **16**, (2), 185-197.

DONNÉES EXPÉRIMENTALES SUR LA SÉLECTION DU PIMENT (*CAPSICUM ANNUUM* L.)

E. POCHARD

avec la collaboration technique de G. BREUILS

Station d'Amélioration des Plantes maraîchères,
Centre de Recherches agronomiques du Sud-Est, 84 - Montfavet

SOMMAIRE

Les observations et les divers essais conduits depuis 1962 ont permis de préciser les problèmes qui se posent dans la production de plein champ de Piments à gros fruits (poivrons) et de mettre en œuvre un programme d'amélioration. Des résultats positifs ont déjà été obtenus dans différents domaines : meilleure connaissance de la biologie des variétés à gros fruits, introduction de la résistance à *Phytophthora capsici*, utilisation de la résistance aux *Virus du Tabac* (*T. M. V.*) et du *Concombre* (*C.V.I*) et, enfin amélioration de diverses qualités agronomiques telles que la précocité et la qualité des fruits.

Le Piment est une espèce potagère dont l'importance économique croît régulièrement depuis une dizaine d'années, que ce soit en France et dans les pays méditerranéens (Italie, Espagne) ou dans les pays de l'Europe centrale (Hongrie, Bulgarie, Yougoslavie, Tchécoslovaquie). Les courants d'exportation s'amplifient, principalement vers l'Allemagne (3, 4, 11, 12, 14, 28, 30).

La sélection rationnelle de cette espèce n'est entreprise cependant que depuis peu d'années et les données bibliographiques restent encore peu nombreuses. En France, les agriculteurs n'ont toujours à leur disposition que les variétés traditionnelles (d'ailleurs mal définies) dont l'existence était déjà attestée il y a quarante ans (29).

Devant cet état de fait la Station d'Amélioration des Plantes maraîchères de Montfavet a commencé à réunir, dès 1962, une collection variétale (comportant actuellement environ 350 variétés de Piment) et à étudier les problèmes de production susceptibles de recevoir une solution génétique.

Les problèmes rencontrés par les producteurs du midi de la France sont de trois ordres : il est nécessaire de régulariser la production, de produire aux époques économiquement favorables et d'obtenir des fruits de haute qualité.

Pour avoir une production plus régulière, il convient de lutter efficacement contre les maladies virales et cryptogamiques, et cela pourrait être obtenu grâce à une meilleure adaptation du matériel végétal au milieu physique et biologique particulier à nos régions.

Produire aux époques favorables, cela signifie disposer de variétés couvrant une plus vaste gamme de précocité et donnant des récoltes plus groupées.

Une amélioration de la qualité des fruits dépend de la réalisation des deux premiers objectifs, mais aussi de l'introduction de caractères tels que la fermeté et la régularité du calibre des fruits, une teneur élevée en sucres, faible en acides, une pigmentation brillante et uniforme et enfin une haute teneur en vitamines (vitamine C essentiellement).

L'objet de cet article est de présenter les premiers résultats obtenus dans la mise en œuvre d'un tel programme de sélection, dans le but d'apporter une contribution à une meilleure connaissance des potentialités génétiques du Piment en tant qu'espèce maraîchère.

LIMITES DE L'ESPÈCE ET POSSIBILITÉS DE CROISEMENTS INTERSPÉCIFIQUES

L'espèce qui nous intéresse présente une variabilité praticulièrement remarquable puisqu'on y trouve des variétés dont le fruit ne pèse qu'un ou deux grammes (plantes ornementales) alors que d'autres atteignent 300 ou 400 grammes (type *Gros-carré* de la région de Cavaillon). Ces types extrêmes sont interfertiles et leur garniture chromosomique est identique ($2n = 24$).

Les travaux des botanistes, opérant sur échantillons d'herbiers, n'ont guère apporté de clarté sur le nombre réel d'espèces à l'intérieur du genre *Capsicum*. Une grande simplification a été apportée par SMITH et HEISER (24, 25), puis GAZENBUCH (6), qui ne distinguent plus que cinq ou six espèces. Cependant, les caractères de discrimination entre *C. annuum* et *C. frutescens* ne semblent pas tous d'égale valeur (ces deux espèces sont celles qui sont les plus voisines).

Pour nous, les caractères les plus distinctifs de *C. annuum* sont la couleur de la fleur (blanche, rarement pourprée) et la forme du pédoncule floral (courbé à partir de la base au moment de l'anthèse). La présence de fleurs solitaires et le type « annuel » ne sont pas caractéristiques (fig. 1 et 2).

Nous avons d'autre part décelé l'existence d'une liaison étroite entre la surface de la feuille adulte et le poids moyen du fruit au sein de l'espèce *C. annuum* et caractéristique de cette espèce. Sur des échantillons de 25 puis 29 variétés couvrant une large gamme phénotypique, nous avons observé, entre ces deux caractères, des coefficients de corrélation de 0,88 et 0,92 en 1962 et 1963. Ce fait permet, à lui seul, de

distinguer les plantes de l'espèce *C. annuum* de celles de l'espèce *C. frutescens*. Si l'on compare, par exemple, *Piment du Chili* (*C. annuum*) et *Tabasco* (*C. frutescens*) qui possèdent des fruits de taille et de forme très voisines, on obtient des rapports P'/S' de 0,48 et 0,16 respectivement (voir la fig. 3). A poids égal, *Tabasco* possède des feuilles beaucoup plus grandes.

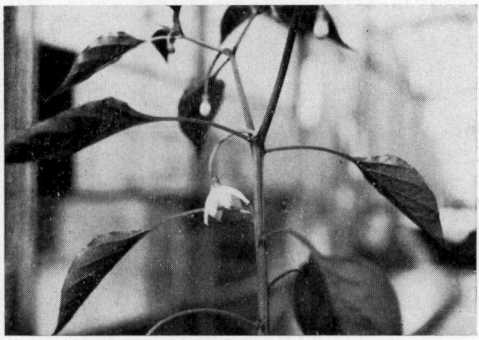


FIG. 1. — *Fleur de* C. annuum *à l'anthèse montrant la courbure régulière du pédoncule.*

(Ce caractère est typique de l'espèce *C. annuum*.)

FIG. 2. — *Plante de* C. annuum (Piment Sucette) *possédant deux fruits à la première ramification.*

(Ce caractère ne permet pas une bonne discrimination entre *C. frutescens* et *C. annuum*.)

On pourrait signaler aussi la croissance beaucoup plus lente de *C. frutescens* qui permet de caractériser cette espèce dès la levée.

D'autres échantillons de notre collection appartiennent aux espèces *C. pendulum* WILLD et *C. pubescens* R et P. Il nous semble que *C. sinense* JACQ n'est qu'une variété de *C. frutescens* L., de même que *C. conicum* MEYER (GAZENBUCH), avec laquelle elles se croisent facilement d'après SMITH et HEISER (26), puis OHTA (18) (et d'après nos propres observations).

Ces auteurs ont donné des tableaux de compatibilité entre les différentes espèces du genre *Capsicum*. Nos propres résultats ne coïncident pas exactement avec ceux qui ont été publiés. C'est ainsi qu'une lignée de *C. frutescens* : *GT1*, résistante à la *Mosaïque du tabac* comme *Tabasco*, se croise facilement avec plusieurs variétés de *C. annuum* (par ex. *Doux d'Alger*), à condition que *C. annuum* soit le parent femelle. Elle se croise aussi avec certaines variétés de *C. pendulum*.

La littérature nous donne déjà quelques exemples d'introgression de gènes de résistance chez *C. annuum* à partir de *C. frutescens* : HOLMES (8), GREENLEAF (7). Nous espérons, quand à nous, transférer chez *C. annuum* une certaine tolérance au *Virus 1 du Concombre* décelée dans une lignée de *C. pendulum*. Nous poursuivons la recherche de gènes de résistance dans les types sauvages ou subspontanés d'Amérique et d'Afrique.

Variétés (poids du fruit décroissant)

Museau de Bœuf	*Carré doux* (99)	*Doux Aurore*
P. de Bayonne	*Carré doux* (96)	*Piquant d'Algérie*
Carré Jaune	*Grosse douce* (2)	*P. Sucette* (*A*)
Quad. gial. Asti	*P. de Salonique*	*P. Sucette* (*B*)
Rosso Q. Asti	*Doux d'Espagne*	*P. Sucette* (*C*)
Grosse Douce (3)	*Ruby King*	*P. de Cayenne* (47)
Géant de Chine	*Museau de Veau*	*P. de Cayenne* (42)
Carré d'Italie	*Corno di Toro*	*P. cerise*
Topepo	*Doux d'Alger*	*Enomi*
Yolo-Wonder	*P. Antibois*	

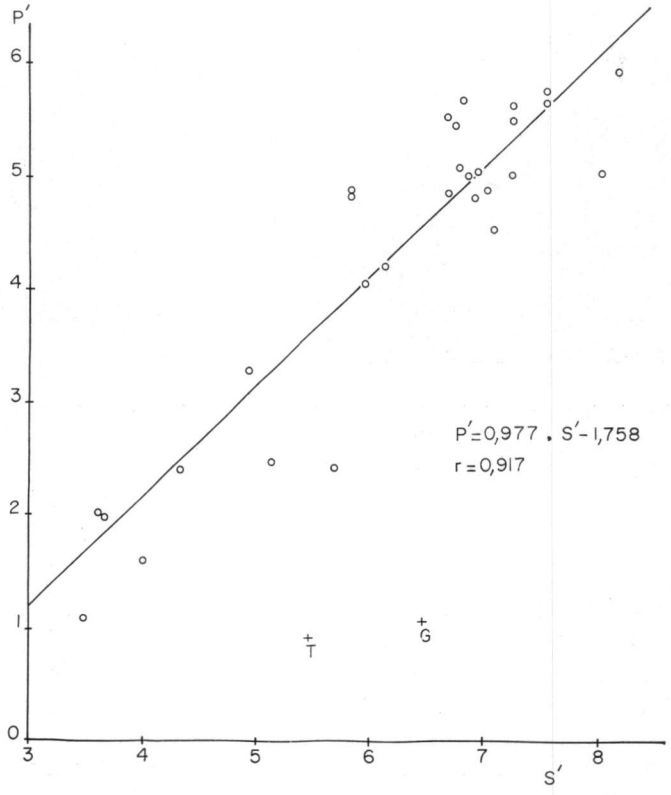


FIG. 3. — *Régression du poids moyen du fruit sur la surface de la feuille adulte, à l'intérieur de l'espèce* Capsicum annuum (*échantillon de 29 variétés*).

P′ = racine cubique du poids moyen du fruit mûr, en grammes.

S′ = racine carrée de la surface de la feuille adulte, en cm².

Les valeurs relatives à deux variétés de *C. frutescens* (*Tabasco* et *GT1*) sont indiquées par une croix. Elles s'écartent nettement de la régression typique de *C. annuum*.

CLASSIFICATION DES VARIÉTÉS CULTIVÉES

Les cultivars à gros fruits (dits communément poivrons) appartiennent, pour la plupart, aux types variétaux *grossum* SENDT et *longum* SENDT. Afin de regrouper les cultivars analogues et de les comparer plus efficacement, nous avons mis au

point une classification alphanumérique comprenant trois grands groupes : A, B et C, chacun d'eux étant subdivisé en quatre sous-groupes (voir tabl. 1 et fig. 4) Les cultivars actuellement connus de nous se classent aisément suivant cette grille, qui recouvre aussi les différents types de cultures et les différents usages des poivrons.

TABLEAU I

Classification des piments doux à gros fruits (poivrons)

Code	Caractéristiques	Variété type
A	Section longitudinale quadrangulaire, aussi large que longue	
A_1	Chair épaisse, surface lisse, non déprimé à l'attache	*Yolo Wonder*
A_2	Chair assez épaisse, cloisons marquées, trés déprimé	*Quadrato d'Asti*
A_3	Chair moyenne, surface sillonnée, déprimé	*Carré Doux*
A_4	Chair mince, poids inférieur à 100 g	*Severka*
B	Section longitudinale quadrangulaire, plus longue que large	
B_1	Rapport longueur/largeur inférieur à 2	*Museau de Bœuf*
B_2	Rapport longueur/largeur supérieur à 2	*Doux d'Espagne*
B_3	Forme tronconique, poids voisin de 100 g	*Ruby King*
B_4	Poids inférieur à 100 g	*Doux Aurore*
C	Section longitudinale triangulaire	
C_1	Très allongé, pointu	*Corno di Toro*
C_2	Très allongé, obtus	*Doux d'Alger*
C_3	Allongement moyen, sommet large	*Najerano*
C_4	Fruit court, souvent dressé	*Csardas*

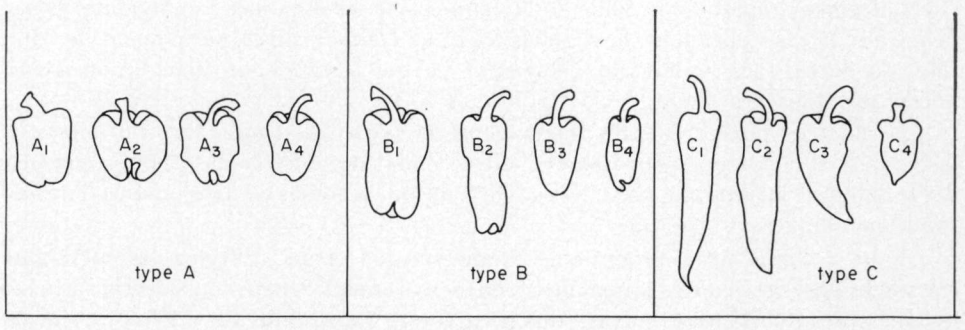


FIG. 4. — Forme schématique des fruits de variétés types

A ces types principaux s'ajoutent des variétés caractérisées par la forme « spéciale » de leurs fruits, sous la dépendance de gènes majeurs :

F : fruit aplati (type *Topepo*).

N : fruit subsphérique (type *Niora*).

P : fruit cordiforme (type *Perfection*).

Les variétés à petits fruits, généralement piquantes ne présentent pour nous qu'un intérêt limité. Elles peuvent constituer, cependant, pour la sélection, d'utiles réservoirs de gènes car leur variabilité est très grande.

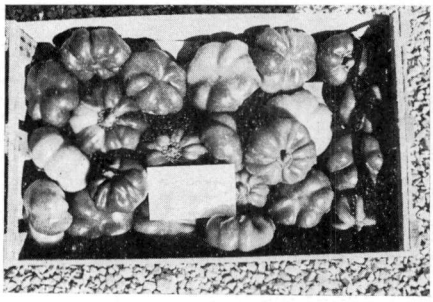


FIG. 5. — *Fruit de type F, appelé communément* Piment Tomate *provenant de la région de Pignerol.*

FIG. 6. — *Fruit du cultivar* : Poivron antibois, *de forme subsphérique (type N).*

BIOLOGIE FLORALE ET SYSTÈMES DE SÉLECTION

ODLAND et PORTER (17) ont montré que le Piment est préférentiellement autogame, mais avec un taux d'allogamie non négligeable, pouvant varier de 8 p. 100 à 30 p. 100 suivant les cultivars. Il semble bien que le taux d'allogamie soit sensiblement inférieur dans nos conditions, dépassant rarement 10 p. 100, au moins au début de l'été, lorsque l'auto-pollen est très abondant. Le maximum d'allogamie se situe aux deux extrémités de l'échelle de taille des fruits. Les variétés ornementales (par exemple *Yatsubusa*) possèdent un style qui dépasse largement la zone des étamines. Chez les variétés à très gros fruits, au contraire, le style est très court et l'accroissement rapide de la taille de l'ovaire écarte les étamines du stigmate. Dans beaucoup de cas, cependant, le stigmate vient en contact direct, au moment de l'anthèse, avec les sacs polliniques déhiscents, ce qui assure l'autofécondation d'une partie au moins des ovules.

La fleur de piment est très fragile et ne supporte pas l'ensachage qui blesse le pédoncule. Il convient, pour assurer l'autofécondation, d'isoler des plantes entières dès le début de la floraison, dans des sacs de toile ou de treillis de nylon munis d'armatures métalliques.

Pour réaliser notre programme d'amélioration, nous utilisons les méthodes classiques chez les plantes autogames : rétrocroisements répétés ou sélection généalogique après hybridation, suivant que le caractère à introduire est d'hérédité simple ou complexe. Nous donnerons plus loin quelques exemples d'utilisation de ces méthodes.

La création de F_1 commerciales entre variétés actuellement disponibles pourrait apporter une solution partielle à quelques-uns des problèmes rencontrés, tant que la sélection généalogique n'a pas fourni un matériel tout à fait nouveau. Nous donnons au tableau 2, quelques résultats obtenus avec diverses combinaisons F_1, mettant

généralement en jeu des croisements entre variétés américaines et variétés européennes (ou plus précisément entre lignées que nous avons préalablement sélectionnées au sein de ces variétés). On notera que l'avantage moyen des F_1, en rendement commercialisable, était de 24 p. 100 en 1964 et 28 p. 100 en 1965.

La production de semences F1 pourrait être envisagée grâce à l'utilisation de serres ou de cages grillagées, à l'abri des insectes pollinisateurs. Cependant le rendement en graines de la pollinisation manuelle est généralement faible et cette opération est très coûteuse en main-d'œuvre. C'est pourquoi nous étudions la possibilité d'introduire la stérilité-mâle cytoplasmique dans certaines de nos lignées et le gène dominant restaurateur de fertilité dans les lignées complémentaires. Le matériel de départ nous a été fourni par P. A. PETERSON (20). Cependant, comme cet auteur le signale lui-même, la stérilité-mâle observée n'est pas toujours complète. En hiver, en serre, on obtient une certaine quantité de pollen viable chez les plantes normalement mâle-stériles. Il existe, de plus, des gènes modificateurs de la stérilité, car en utilisant certaines lignées comme parent récurrent (par exemple *Vinedale C 302*) on obtient une stérilité complète et apparemment stable alors qu'avec *B 208* ou *Yolo Wonder*, on obtient une stérilité incomplète et instable. Malgré ces inconvénients, nous pensons pouvoir réaliser dans un délai de deux ans quelques-unes des formules F_1 déjà expérimentées, sans castration ni pollinisation manuelles, grâce à l'emploi de ruchettes pour assurer le transport du pollen.

SÉLECTION POUR LA RÉSISTANCE AUX MALADIES

Les principales maladies que l'on peut rencontrer dans les cultures de Piment du midi de la France (15) (16) semblent identiques à celles qui ont été décrites par CASTELLANI (2) et CAROFALO (5) en Italie.

Les maladies les plus importantes, pour lesquelles nous avons commencé un travail de sélection sont, incontestablement, le flétrissement dû à *Phytophthora capsici* et les viroses, notamment celle qui est provoquée par le *Virus 1 du Concombre*.

Les premiers résultats obtenus dans le domaine de la sélection pour la résistance aux viroses ont été présentés en 1965 aux Journées de Phytiatrie-Phytopharmacie circum-méditerranéennes (23). Nous nous contenterons d'en donner les éléments principaux.

Le gène dominant (*1i* d'après HOLMES) (8) de résistance à la *Mosaïque du Tabac* (*T. M. V.*) est assez répandu dans l'espèce *C. annuum* et se rencontre chez des variétés d'origine et de types morphologiques très différents. Il s'agit d'une résistance par hypersensibilité localisée (comme celle de *Nicotiana glutinosa*) qui confère à la plante une résistance pratique totale. On peut cependant observer des jaunissements et des nécroses systémiques si la température est maintenue aux alentours de 35° pendant quelques jours puis ramenée à des valeurs plus basses. Il est possible, également d'obtenir des symptômes nécrotiques systémiques en inoculant de très jeunes feuilles, non encore dépliées. Parmi les géniteurs disponibles, nous avons utilisé : *Yolo Wonder* (*GT 7*) une lignée particulière de *Museau de veau* (*GT 5*) et enfin une lignée de *Doux d'Alger* (*GT 4*) (les lignées fixées pour leur résistance au *T. M. V.* ont été appelées *GT 1* à *GT 8*).

TABLEAU 2

Production commercialisable des F_1 *et de leurs parents en 1964 et 1965*

Matériel à l'essai	Récolte par plante le 6 octobre 1964	PM	NTF	PFC
F_1 *Grodou*	2,260	131	17,7	74
F_1 *Grocyo*	2,540	166	15,2	80
F_1 *Douyo*	2,400	128	18,7	80
Yolo Wonder 2	2,130	131	16,2	79
F_1 *Grodyo*	1,910	132	14,4	65
Yolo Wonder 5	1,910	164	11,5	62
Doux d'Alger	1,890	104	18,0	71
Grosse-Douce	1,730	111	16,4	71
Gros-Carré jaune	0,960	187	9,6	52
p.p.d.s. 5 %	0,580			
	le 23 septembre 1965			
F_1 *Lamuvin*	1,925	142	17,3	79
F_1 *Lamuyo*	1,770	186	14,8	65
F_1 *Grocyo*	1,722	151	16,5	69
F_1 *Cadoucal*	1,703	134	17,5	73
Lane (B 208)	1,647	199	12,0	55
F_1 *Lanevin*	1,633	136	17,2	70
F_1 *Lamucal*	1,600	205	14,5	53
F_1 *Laprevin*	1,546	99	20,4	67
Carré Doux (A 306)	1,517	98	20,4	76
F_1 *Lapreyo*	1,408	140	18,0	50
Gros-Carré jaune (A 205)	1,349	141	12,7	75
F_1 *Cadouvin*	1,345	90	22,2	67
F_1 *Grocal*	1,336	173	12,7	61
F_1 *Grovin*	1,306	111	16,1	71
F_1 *Laprecal*	1,235	133	18,6	48
F_1 *Laneyo*	1,136	165	11,9	51
Calwonder	1,122	165	12,3	45
F_1 *Lanecal*	1,110	170	14,8	44
Lapre (C 303)	0,926	113	18,1	43
Vinedale (C 410)	0,918	74	18,4	68
Yolo Wonder	0,907	150	10,4	46
Lamu (B 107)	0,895	225	9,0	40
p.p.d.s. 5 %	0,410			

Récolte par plante exprimée en kg.
PM = Poids moyen du fruit en grammes.
NTF = Nombre total de fruits par plante (commerciaux ou non).
PFC = Pourcentage de fruits commercialisables.

Il n'a pas été possible, jusqu'à présent, de trouver de plantes totalement résistantes au *Virus 1 du Concombre*. Certaines lignées présentent cependant une tolérance pratique au stade adulte. Il est à remarquer que les populations locales, sélectionnées de façon massale par les agriculteurs eux-mêmes, contiennent une assez forte proportion de plantes de faible sensibilité, alors que les variétés américaines ou celles d'Europe centrale manifestent une très grande sensibilité.

La tolérance au stade adulte est une caractéristique agronomiquement valable, à condition que la plantation soit réalisée suffisamment tôt (dans la première quinzaine de mai). Dans ce cas, les plantes ont dépassé le stade de sensibilité juvénile lorsqu'apparaît la vague de pucerons infectieux (au début de juin généralement).

Les plantes les plus tolérantes appartiennent aux types ornementaux à très petits fruits : *Enomi*, *Yatsubusa*, *Piment malgache*, *Brûlant d'Espagne*, *Roley*, etc.

Nous avons utilisé comme géniteur une variété locale connue sous le nom de *Poivron Antibois* (photo 4). Sa croissance et sa fructification ne sont que peu affectées par le virus, dans les conditions décrites précédemment. Elle possède des fruits subsphériques, d'un poids moyen de 90 g environ. Dans la descendance F_2 de ce géniteur on ne trouve qu'une faible proportion de plantes aussi tolérantes (5 à 10 p. 100 suivant les croisements). Le déterminisme génétique de ce comportement n'est pas connu.

Le *Phytophthora capsici* LEONIAN semble avoir pris une extension considérable depuis 3 ou 4 ans, au point de rendre la culture du piment extrèmement aléatoire dans les zones traditionnelles (Châteaurenard, Saint-Rémy, l'Isle-sur-Sorgues, Cavaillon). Il semble que l'eau de plusieurs canaux d'irrigation soit polluée, car les dégâts sont beaucoup plus limités lorsqu'on utilise de l'eau de puits. Grâce au concours de la Station de Pathologie végétale de Montfavet, nous avons pu entreprendre la recherche de géniteurs de résistance par des tests d'inoculation artificielle conduits sur jeunes plantules.

Délaissant temporairement d'autres sources de résistance non encore confirmées au champ, nous avons retenu une sélection *PI 493-1* reçue de K. A. KIMBLE (10). Dans le lot d'origine, quelques plantes se sont montrées résistantes aux souches locales du parasite et nous avons pu fixer plusieurs lignées dont la résistance en plein champ, dans la zone proche d'Avignon, a été démontrée. Il s'agit de plantes à petits fruits piquants (lignées *PM 217-3-3*, *PM 217-6-2*).-

Nous avons entrepris d'incorporer, par rétrocroisements, cette résistance dans les cultivars les plus importants pour notre région (*Doux d'Espagne* et *Museau de Bœuf*). Il est difficile d'interpréter les disjonctions obtenues par rétrocroisements : il apparaît une mortalité plus ou moins importante chez les plantes génétiquement résistantes, par suite de la diffusion de substances toxiques à partir des plantes malades. Le milieu de culture du champignon contient lui-même des toxines très virulentes pour toutes les plantes de piment, qu'elles soient sensibles ou non au champ. Pour avoir une réponse nette il convient d'effectuer l'inoculation avec une suspension de zoospores ne contenant pas de fragments de milieu de culture. Les conidies peuvent être obtenus en 48 heures en plaçant des fragments de culture mycélienne dans une petite quantité d'eau. Lorsque les conidies sont nombreuses, on dilue fortement et l'on obtient une émission rapide de zoospores. On dépose environ 1 cc de cette suspension au pied de chaque plantule au stade « cotylédons étalés », et l'incubation est effectuée à 22-23° en atmosphère saturée d'eau.

En trois à quatre jours, la mortalité est totale chez les variétés sensibles, nulle ou faible chez les lignées résistantes. Cette méthode d'obtention des zoospores, qui peut être encore plus rapide par l'utilisation d'eau ayant filtré sur une masse de terre, est due à C. M. MESSIAEN, d'après les données originales de KENG-HOY-CHEE et NEWHOOK (9).

SÉLECTION POUR LES QUALITÉS AGRONOMIQUES

Sélection pour la précocité

La croissance du piment est beaucoup plus lente que celle de la tomate. Dans les régions méridionales, pour une technique culturale analogue, on ne voit apparaître les premiers fruits mûrs qu'à la fin de juillet, et il faut atteindre la fin du mois d'août pour obtenir, dans le meilleur des cas, 1 kg de fruits mûrs par plante. Il est vrai que la commercialisation des fruits verts peut commencer dès le mois de juin et que cette pratique accélère la fructification qui est normalement cyclique, les premiers fruits formés inhibant la nouaison des fleurs d'un rang supérieur (surtout chez les variétés à très gros fruit).

Il est donc d'un grand intérêt de chercher à améliorer la précocité de fructification et d'augmenter, dans la mesure du possible, l'importance du premier jet de fruits.

La floraison des variétés de la collection s'échelonne sur un mois. Les plus précoces sont les variétés d'Europe centrale (Hongrie, Bulgarie), les plus tardives certaines variétés des États-Unis et d'Espagne. Malheureusement, les premières ont des fruits de petite taille (généralement de 50 à 100 g) et présentent une très grande sensibilité au *Virus du Concombre*.

Les notations de précocité, dans nos pépinières, comportent l'observation de la date d'épanouissement de la première fleur (avec l'indication de la ramification intéressée qui n'est pas toujours la première), puis l'estimation de la proportion pondérale de fruits mûrs à une date voisine du 30 août. A cette date, les variétés les plus tardives commencent à mûrir.

Le semis est effectué du 15 février au 1er mars en couche chauffée électriquement. Le repiquage est réalisé sur couche froide un mois plus tard et la mise en place a lieu vers le 10 mai, en parcelle abritée du vent.

En 1965, en prenant le 12 juin comme origine des temps pour la floraison, nous avons eu le classement suivant :

Poivron Antibois : 0 ; *Vinedale* : + 2 ; *B 107* : + 6 ; *Yolo Wonder* (*A 109*) : + 12 ; *Quadrato giallo* : + 15 ; *B 208* : + 16 ; *Piment de Bayonne* (*A 203*) : + 22.

Si l'on compare ce classement à celui que l'on peut établir pour le rapport du poids de fruits mûrs au poids total de fruits récoltés le 30 août, on constate que *Vinedale* et *Quadrato giallo* ont un meilleur classement car leur production est plus groupée. Par contre *B 107* rétrograde nettement. Voici le classement obtenu : *Vinedale* 81 p. 100 ; *P. Antibois* 64 p. 100 ; *Quadrato giallo* 63 p. 100 ; *Yolo Wonder* 23 p. 100 ; *B 107* 17 p . 100 ; *P. de Bayonne* 5 p. 100 ; *B 208* 3 p. 100.

Au cours des disjonctions F_2 et F_3, il est fréquent de trouver des plantes ou des lignes transgressives, pour les caractères observés.

C'est ainsi que dans le croisement *Yolo Wonder* × *Antibois* on observe 45 p. 100 des lignes F_3 plus précoces qu'*Antibois* à la floraison. Dans *Quadrato giallo* × *Antibois*, 10 p. 100 des lignes F_3 sont plus précoces qu'*Antibois*, l'une de ces lignes fleurissant 14 jours avant le parent le plus précoce (on avait retenu, en F_2, 4 p. 100 des plantes de chaque croisement, choisies parmi les plus précoces).

Un phénomène analogue se présente pour la maturation des fruits qui se présente de façon plus groupée après un tri sévère sur la F_2. Sur les croisements signalés, on observe 13 lignes F_3, sur 78, qui possédaient 80 à 100 p. 100 de fruits mûrs à la date du 30 août.

Sélection pour la forme des fruits

La forme et la structure des fruits sont recherchés en fonction de l'usage final : à consommer crus, types à chair mince A_3, B_2, C_2 ; à consommer à l'état mûr, généralement cuits, types à chair épaisse A_1, A_2, B_1 ; pour la conserve, fruits de petit calibre A_4, B_4, C_4, P, et pour la poudre, type N à péricarpe mince, riche en pigment et en extrait sec. L'effort de sélection porte essentiellement sur les types A_1, B_1 et B_2 qui sont les plus demandés sur le marché français. Nous cherchons surtout à améliorer la présentation du fruit, grâce à une forme et un calibre plus réguliers, du début à la fin de la récolte, capable de supporter le transport, d'une couleur brillante et peu sensible à la pourriture apicale (*blossom-end rot*).

Dans certains croisements, on observe une gamme très étendue de types morphologiques. C'est ainsi que dans le croisement. *Quadrato giallo* (type A_2) par *P. Antibois* (type N) on observe non seulement les types parentaux mais aussi des types A_1, A_4, B_1, B_2, C_3, P et F.

Nous ne croyons pas qu'il faille systématiquement rechercher les plantes possédant les fruits les plus lourds (250 à 300 g). Le gigantisme s'accompagne, la plupart du temps, de défauts tels que la faible fertilité, l'irrégularité de la forme et de la qualité. Les plantes qui portent de tels fruits sont, le plus souvent, tardives et de grande taille, ce qui rend l'attachage difficile (type *B 208*).

En ce qui concerne la texture du péricarpe, nous nous orientons vers un matériel à chair ferme et épaisse, comme les variétés du groupe *California Wonder*, car les fruits sont beaucop plus résistants aux lésions du type *blossom-end rot*. Cependant, lorsque les fruits sont récoltés verts pour la consommation à l'état cru, un excès de fermeté est préjudiciable à la qualité.

SÉLECTION POUR LES QUALITÉS TECHNOLOGIQUES

La première qualité des Piments doux est évidemment l'absence de capsaïcine. S'il est aisé d'éliminer les hybrides naturels, survenant occasionnellement, qui possèdent un taux élevé de capsaïcine, il n'en est pas de même des descendants de certaines variétés réputées douces qui contiennent cependant des traces de capsaïcine et transmettent cette caractéristique à leurs descendants. Certaines lignées de *Quadrato d'Asti* possèdent ce caractère qui se trouve amplifié dans les cultures en serre. D'après Ohta (19) le taux d'alcaloïde serait plus élevé à haute température, et spécialement lorsque la température nocturne est supérieure à 20°.

L'exploitation de ce phénomène peut sans doute permettre de reconnaître et d'éliminer le matériel douteux. Il semble que les tests organoleptiques soient les plus sensibles pour accomplir ce genre de sélection.

Pour orienter les travaux de sélection dans le sens de l'amélioration de la qualité (teneur élevée en sucres, faible acidité, teneur élevée en vitamine C et en pigments caroténoïdes) nous disposons des résultats obtenus par M. SOUTY et P. ANDRÉ (27) sur quelques-uns des géniteurs de notre programme.

Ces auteurs montrent que l'acidité augmente considérablement au cours de la maturation chez toutes les variétés, mais particulièrement chez les variétés du groupe *Yolo Wonder*.

La teneur en vitamine C est plus faible chez *Yolo Wonder* que chez *Quadrato giallo d'Asti* (*A 205*) (150 mg contre 300 mg, pour 100 g de poids frais). ANDRONICESCU (1) signale une teneur en vitamine C de 190 mg chez *California Wonder* inférieure de moitié à celle des meilleurs lots étudiés par cet auteur. La lignée *A 205* se distingue aussi par le rapport sucre-acide le plus élevé à l'état mûr. A l'état vert, *Doux d'Alger* présente le rapport sucre-acide le plus fort, donc la meilleure qualité pour la consommation à l'état cru.

Pour ce qui est de l'intensité de la pigmentation, nous nous contentons pour l'instant d'une appréciation visuelle. La plupart des variétés du marché français sont très peu pigmentées par rapport aux variétés du groupe *Niora* ou certaines variétés d'Europe centrale, comme *Severka* et ne conviennent donc pas pour l'industrie de la poudre. Nous avons, dans le but de remédier à ces défauts, réalisé plusieurs croisements entre les variétés locales et ce matériel à forte pigmentation. Ce caractère est partiellement dominant et d'hérédité complexe.

Reçu pour publication en avril 1966.

SUMMARY

EXPERIMENTAL DATA ON THE SELECTION OF BELL-PEPPER (« CAPSICUM ANNUUM L. »)

In order to improve the production in the open-field of bell-pepper in the south of France, a breeding programme was established in 1962-63. Some positive results have been already achieved with regard to a better knowledge of the biology of the cultivated varieties and to the introduction of valuable agronomical characters : resistance to *Phytophthora capsici*, resistance to the *viruses Tobacco Mosaic* (*T. M. V.*) and *Cucumber Mosaic* (*C.V.I*), earliness in fruit setting and better commercial qualities of the fruits.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

(1) ANDRONICESCU D., ENACHESCU G., 1959. Variétés de piments d'Avenir. *Lucrari stiintifice*, **39**, 601-609.

(2) CASTELLANI E., 1962. *Problemi fitopatologici della coltura del peperone*. La Coltura del peperone. Edit. Soc. Hort. Ital., 211-226.

(3) CENTRE NATIONAL DU COMMERCE EXTÉRIEUR, Service agricole, 1959. Poivrons : Production, Exportation, Importation dans différents pays d'Europe. *Rapport dactylographié*, 1-15.

(4) FOIS G., 1962. *La commercializzazione del peperone.* La Coltura del peperone. Edit. Soc. Hort. Ital., 94-108.

(5) GAROFALO F., 1962. *Le malattie del peperone nelle fasi colturali di semenzaio, letto caldo, piantonaio e pieno campo in Piemonte.* La Coltura del peperone. Edit. Soc. Hort. Ital., 241-272.

(6) GAZENBUCH B., L., 1958. *Capsicum Tourn.* Culturnaja flora. Edit. Brejnev, Leningrad. S. S. S. R.

(7) GREENLEAF W., H., 1956. Inheritance of resistance to tobacco etch virus in *C. frutescens* and *C. annuum. Phytopathology,* **46**, 371-375.

(8) HOLMES F. O., 1937. Inheritance of resistance to T. M. V. disease in the pepper. *Phytopathology,* **27**, 637-642.

(9) KENG HOY CHEE. NEWHOOK, 1965. Improved method for use in studies on *Phytophthora cinnamomri* and other *Phytophthora species. New Zeal. J. agric. Res.,* **8**, 88-95.

(10) KIMBLE K. A., GROGAN R. G., 1960. Resistance to *Phytophthora* root rot in pepper. *Phytopathology,* **50**, 642.

(11) LEROY J., 1963. Poivrons et piments doux et frais. *Pépin. Hortic. Maraîchers,* **41**, 1657-1659.

(12) LEROY J., 1964. Commerce extérieur de la France au cours des 9 premiers mois de 1961-62 et 63 (Poivrons). *Pépin. Hortic. Maraîchers,* **44**, 1823-1827.

(13) MARCHOUX G., MARROU J., MIGLIORI A., 1965. Réaction du poivron à quelques virus répandus dans les cultures maraîchères françaises méridionales. *Ann. Épiphyties,* **16**, I, 109-117.

(14) MARECEK F., TRVKSA V., 1964. Surfaces, production, rendement et distribution territoriale des principaux légumes en Tchécoslovaquie pendant la période 1946-1962. *Scientific works, Olomouc, Č. S. S. R.,* **3**, 9-22.

(15) MESSIAEN C. M., LAFON R., 1963. *Les maladies des plantes maraîchères.* I. N. R. A., 63-95.

(16) MESSIAEN C. M., MAISON P., MIGLIORI A., 1963. Le virus 1 du concombre dans le Sud-Est de la France. *Phytopathol. Médit.,* **2**, 251-260.

(17) ODLAND M. L., PORTER A. M., 1941. A study of natural crossing in peppers. *Proc. Amer. Soc. hortic. Sci.,* **38**, 585-588.

(18) OHTA Y., 1962. Karyotype analysis of *Capsicum species. Report the Kihara Inst. Biol. Res.,* **13**, 93-99.

(19) OHTA Y., 1962. Physiological and genetical studies on the pungency of *Capsicum.* II. Pungency under various growing conditions. *Seikem Ziho,* **11**, 73-77.

(20) PETERSON P. A., 1958. Cytoplasmically inherited male sterility in *Capsicum. Amer. Naturalist.,* **92**, 863, 111-119.

(21) POCHARD E., 1962. *Rapport Annuel, Station d'Amélioration des Plantes maraîchères de Montfavet,* 41-46.

(22) POCHARD E., 1963. *Rapport Annuel, Station d'Amélioration des Plantes maraîchères de Montfavet,* 37-43.

(23) POCHARD E., BREUILS G., 1965. La résistance du Piment à la *Mosaïque du Tabac* et au *Virus 1 du Concombre.* Modalités et transmission héréditaire. *Jour. de Phytiat. Phytopharm.* (sous presse), Marseille.

(24) SMITH P., G. HEISER C. B., 1951. Taxonomic and genetic studies on the cultivated peppers *C. annuum* L. and *C. frutescens* L. *Amer. J. Bot.,* **38**, 362-368.

(25) SMITH P. G., HEISER C. B., 1957. Breeding behavior of cultivated peppers. *Proc. Amer. Soc. hortic. Sci.,* **70**, 286-230.

(26) SMITH P. G., HEISER C. B., 1957. Taxonomy of *Capsicum sinense* JACQ and the geographic distribution of the cultivated *Capsicum species. Bull. Torrey Bot., Cl,* **84**, 413-420.

(27) SOUTY M., ANDRÉ P., 1965. Sur la composition chimique de quelques variétés de piment doux. *Ann. Technol. agric.,* **14** (3), 291-297.

(28) SPALDON E., 1962. La tecnica colturale del peperone e la sua influenza sulla produzione (en Tchécoslovaquie). *La Coltura del Peperone. Édit. Soc. Hort. Ital.,* 21-48.

(29) VILMORIN-ANDRIEUX, 1925. Les plantes potagères. *Edit. V. A. C. Paris,* 508-518.

(30) ANONYME, 1965. L'horticulture hongroise. *Pépin. Hortic. Maraîchers,* **53**, 2501-2506.

Ann. Amélior. Plantes, 1966, **16** (2), 199-209.

CONTRIBUTION A LA SÉLECTION CLONALE DES POMMIERS *GOLDEN DELICIOUS*

C. MARENAUD, J.-M. LESPINASSE
avec la collaboration technique de K. MAZY et M. DARBLADE

Station de Recherches d'Arboriculture fruitière,
Centre de Recherches agronomiques du Sud-Ouest,
33 – Pont-de-la-Maye

SOMMAIRE

La sélection clonale entreprise sur la variété *Golden Delicious* à la Station de Recherches d'Arboriculture fruitière de la Grande-Ferrade a permis de mettre en évidence des différences importantes en ce qui concerne la vigueur, la production et la dimension des fruits.

I. — INTRODUCTION

La culture en France de la variété de Pommier *Golden Delicious* a profondément modifié, depuis 10 ans, la production nationale de pommes.

Les nombreuses qualités de cette variété l'ont fait apprécier aussi bien du producteur que du négociant et du consommateur; malgré quelques défauts (vigueur parfois insuffisante, sensibilité au *Russeting*, fragilité de l'épiderme aux manipulations, sensibilité aux maladies à virus) elle s'est imposée chez les arboriculteurs et sur les marchés comme le témoignent les chiffres suivants :

TABLEAU I

Production européenne de la variété Golden Delicious (en tonnes), d'après F. ROBIN

Pays	1962	1963	1964
France	221 000	355 000	411 000
Autres pays européens (Belgique, Italie, Pays-Bas, Espagne, Allemagne fédérale, Suisse, Danemark, Grèce)	245 000	280 000	293 000

Ces chiffres montrent clairement l'importance de la production française de *Golden Delicious* par rapport à celle des autres pays européens.

Par ailleurs, aux États-Unis, la production de cette variété est seulement de 290 000 tonnes.

De plus, l'accroissement de la culture des *Golden Delicious* en France est loin d'avoir atteint son niveau le plus haut. Les prix élevés obtenus sur les marchés, le succès croissant des exportations de cette variété montrent d'une manière évidente que la culture de *Golden Delicious* doit encore s'intensifier. J.-L. DUSSERT (*C. R. Acad. Agric.*, nº 8, 1965) prévoit qu'elle pourra dépasser un million de tonnes en 1970 ; à ce moment-là, la production de *Golden Delicious* représentera à peu près 70 p. 100 de la production française de pommes.

Tous les travaux permettant l'augmentation de la prodution et de la qualité de *Golden Delicious* prennent donc un intérêt certain et c'est pour cette raison qu'en 1956 la Station de Recherches d'Arboriculture fruitière de la Grande-Ferrade a entrepris la sélection clonale de cette variété. L'introduction et la mise en essais comparatifs de clones de *Golden Delicious* avaient pour but de mettre en évidence les différenciations clonales éventuelles sous l'influence des mutations ou des virus.

II. — MATÉRIEL ET MÉTHODES

Origine des clones étudiés

Les essais entrepris ont porté sur 13 clones d'origine très variée :

a) pays étrangers : U. S. A. : 2 clones, Belgique : 1 clone ;

b) différentes régions de France.

Nous avions repéré deux clones chez les producteurs et les autres étaient issus de vergers de pieds-mères d'établissements de pépinières choisis dans différentes régions de France :

Vallée de la Dordogne	2 clones.
Val de Loire	4 clones.
Vallée du Rhône	1 clone.
Midi-Pyrénées	3 clones.

Disposition des essais

Un premier essai, sur porte-greffe franc, mettait en comparaison 7 clones et comptait 6 répétitions, un second essai sur EM II permettait de comparer 7 clones avec 10 répétitions. Un clone, le clone D, était commun aux deux essais. La plantation a été réalisée en novembre 1958, la disposition expérimentale choisie fut celle des blocs de Fisher (1 arbre par parcelle élémentaire).

Conditions culturales

Ces essais ont été réalisés à l'île d'Arcins, située au milieu de la Garonne, au sud-est de Bordeaux. Le sol est composé d'un limon fertile et profond (1).

(1) Analyse du sol de l'île d'Arcins.

	%
Sable grossier	0
Sable fin	15 à 20
Limon	35 à 40
Argile	38 à 44
Calcaire total	4 à 5

pH = 8,1

	Sol °/₀₀	Sous-sol °/₀₀
Azote total	1,57	1,37
Potassium	0,375	0,225
Sodium	0,41	0,250
Calcium	6,11	6,06
Phosphore	0,175	0,135
Magnésium	0,105	0,105

Les arbres ont été conduits en gobelet mi-tige, le verger n'a pas été irrigué mais il a été drainé à partir de 1963, le sol est travaillé. Les conditions culturales ont été homogènes pour l'ensemble du verger.

Conditions climatiques

Les conditions climatiques peuvent être définies ainsi :

Pluviométrie : 836,4 mm (moyenne de 20 ans) mais la distribution des pluies est irrégulière, avec un déficit souvent situé entre fin juin et début octobre. L'hygrométrie de l'air est toujours très élevée : 80-90 p. 100 le jour, 100 p. 100 la nuit.

Température : moyenne annuelle 12°8 (moyenne de trente ans).

Insolation : durée moyenne annuelle de l'insolation 1 849 h 8/10.

Observations réalisées

Elles ont porté :

sur la vigueur ;
sur la production ;
sur le poids moyen du fruit.

D'autre part, nous avons noté l'influence de quelques facteurs sur l'apparition de *Russeting* sur les fruits.

Les observations de systématique portant sur la biométrie des feuilles n'ont pas donné des différences significatives entre les clones étudiés ; depuis, des clones nouveaux rassemblés à la Station de Recherches d'Arboriculture fruitière de la Grande-Ferrade ont montré des différences marquées.

Les observations phénologiques portant sur la date de floraison, la date de maturité, et la date de la chute des feuilles n'ont pas permis jusqu'à présent de mettre en évidence des différences entre les souches.

III. — RÉSULTATS

Vigueur

La notation de vigueur est exprimée par la mensuration de la circonférence du tronc de l'arbre en centimètres relevée à 20 cm au-dessus du point de greffe. Nous n'avons pas jugé utile de présenter toutes les mensurations réalisées depuis la plantation.

Le tableau 2 rassemble les résultats obtenus en 1963, 1964, 1965 avec les divers clones de *Golden Delicious* greffés sur EM II. L'analyse de la variance a été effectuée et les moyennes comparées grâce au critère de Duncan.

Les moyennes suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes entre elles, les moyennes suivies d'une lettre différente sont significativement différentes entre elles.

L'examen de ces valeurs permet de mettre en évidence deux groupes de vigueur différente :

3 clones vigoureux : les clones H, A et F
4 clones moins vigoureux : les clones G, E, D et C.

L'analyse de variance réalisée en 1964 entre les deux groupes de vigueur donne un F très élevé, F = 57,0, ce qui nous permet de conclure que les clones de *Golden Delicious* H, A et F sont d'une manière hautement significative plus vigoureux que les clones de *Golden Delicious* G, E, D, C.

Le tableau 3 rassemble les résultats obtenus en 1963-1964-1965 avec les divers clones de la variété *Golden Delicious* greffés sur franc, le clone D étant commun aux deux essais.

TABLEAU 2

Observations portant sur la vigueur de 7 clones de Golden Delicious *greffés sur EM II*

Clones étudiés	Année 1963		Année 1964		Année 1965	
	Circonf. moy. du tronc en cm	Signific. à 0,05	Circonf. moy. du tronc en cm	Signific. à 0,05	Circonf. moy. du tronc en cm	Signific. à 0,05
H	20,7	*a*	27,7	*a*	37,8	*a*
A	20,5	*a*	26,5	*a*	38,3	*a*
F	19,8	*b*	26,9	*a*	35,4	*a*
G	18,3	*b*	23,0	*b*	33,2	*b*
E	17,8	*c*	22,7	*b*	31,6	*b*
D	17,7	*c*	22,5	*b*	31,0	*b*
C	17,6	*c*	21,8	*b*	30,2	*b*

TABLEAU 3

Observations portant sur la vigueur de 6 clones de Golden Delicious *greffés sur franc*

Clones étudiés	Année 1963		Année 1964		Année 1965	
	Circonf. moy. du tronc en cm	Signific. à 0,05	Circonf. moy. du tronc en cm	Signific. à 0,05	Circonf. moy. du tronc en cm	Signific. à 0,05
D	21,1	*a*	26,5	*a*	42,0	*a*
I	20,7	*a*	27,4	*a*	36,6	*a*
J	21,7	*a*	26,4	*a*	39,5	*a*
K	21,2	*a*	27,2	*a*	38,3	*a*
L	21,4	*a*	27,1	*a*	40,3	*a*
M	20,8	*a*	25,7	*a*	38,8	*a*
N	21,6	*a*	28,1	*a*	38,8	*a*

Les moyennes suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes. Dans ce deuxième essai, aucune différence significative n'est donc apparue entre les clones étudiés : plusieurs raisons peuvent être invoquées :

— l'hétérogénéité génétique du porte-greffe entraîne une variabilité plus importante d'un arbre à l'autre donc une moindre précision dans la signification des résultats ; il convient de remarquer aussi que les différences constatées entre les divers clones sont beaucoup moins importantes que sur EM II, on peut donc envisager également que les clones étudiés dans cet essai sont très proches les uns des autres.

— La vigueur induite par les semis de Pommier qui par ailleurs présentent une meilleure garantie d'état sanitaire, peut masquer dans une certaine mesure

l'influence des viroses qui pourraient contaminer les clones de *Golden Delicious* ; d'autre part des complexes viraux ont pu apparaître sur certains clones contaminés greffés sur EM II dont l'état sanitaire est sujet à caution, réduisant ainsi d'une façon plus marquée la vigueur de ces clones.

Une autre constatation intéressante se dégage du tableau 3 :

— La vigueur des arbres greffés sur franc et sur EM II est assez comparable au début mais en 6e et 7e année les différences s'accentuent comme le montrent les comparaisons de moyennes effectuées grâce au test *t* sur le clone commun aux deux essais, le clone D. Les deux essais étant placés dans une même parcelle et subissant les mêmes traitements et façons culturales, ces comparaisons sont réparties dans le tableau 4.

TABLEAU 4

Comparaison des moyennes de tour de tronc du clone D greffé sur EM II et sur franc

Année 1963			Année 1964			Année 1965		
Clone D greffé/ EM II	Clone D greffé/franc	Valeur calculée de *t*	Clone D greffé/ EM II	Clone D greffé/franc	Valeur calculée de *t*	Clone D greffé/ EM II	Clone D greffé/franc	Valeur calculée de *t*
17,7	21,1	3,1	22,5	26,5	4,60	31,0	42,0	12,3
Rapport F/EM II 1,19		*t* de la table à P = 0,01 2,98	Rapport F/EM II 1,18		*t* de la table à P = 0,01 2,98	Rapport F/EM II 1,35		*t* de la table à P = 0,01 2,98

Le rapport effectué entre la circonférence moyenne des troncs de *Golden Delicious* greffés sur franc et sur EM II atteint 1,35 à la 7e année, rappelons que Liwerant avait obtenu le rapport 1,38 pour la même variété et les mêmes porte-greffes sur des arbres de 13 ans (Liwerant, 1964).

Production

Pour ne pas nuire à la formation des arbres, un éclaircissage sévère a été réalisé dans les premières années, les premières pesées de récolte de 1961-1962 ne sont pas présentées.

Les fruits (cueillis et tombés) sont pesés arbre par arbre, l'interprétation est réalisée par l'analyse de la variance et les moyennes comparées grâce au critère de Duncan.

Les résultats obtenus avec les divers clones de *Golden Delicious* greffés sur EM II sont reportés dans le tableau 5.

Les différences significatives de production n'apparaissent qu'en 1964 où les clones H, A et F se distinguent des autres clones. En 1965, seul H et A se différencient des autres clones.

En production cumulée, le clone H se différencie des clones A et F qui eux-mêmes se montrent différents des autres clones.

Par ailleurs, si l'on compare les observations portant sur la vigueur et celles portant sur la production, on constate que les clones les plus vigoureux H, A et F sont aussi les plus productifs.

Pour *Golden Delicious*, la production semble directement proportionnelle à la vigueur même au début de la fructification alors que l'arbre n'a pas encore atteint son plein développement.

TABLEAU 5

Production des 7 clones de Golden Delicious *greffés sur EM II exprimée en kilogrammes*

Clones étudiés	Année 1963		Année 1964		Année 1965		Production cumulée 1963-1964-1965	
	Product. moyenne	Signif. à P = 0,05	Product. moyenne	Signif. à P = 0,05	Product. moyenne	Signif. à P = 0,05	Product. moyenne	Signif. à P = 0,05
H	23,8	*a*	50,9	*a*	100,4	*a*	175,1	*a*
A	18,6	*a*	47,0	*a*	90,2	*a*	155,8	*b*
F	17,8	*a*	49,3	*a*	82,5	*b*	149,6	*b*
G	18,0	*a*	33,3	*b*	77,9	*b*	129,2	*c*
E	16,3	*a*	28,6	*b*	72,5	*b*	117,4	*c*
D	14,2	*a*	32,8	*b*	75,1	*b*	122,1	*c*
C	20,7	*a*	32,4	*b*	69,2	*b*	122,3	*c*

La droite de régression établie entre la vigueur et la production pour l'année 1964 met en évidence la corrélation existant entre les deux caractères. Le coefficient de corrélation est égal à + 0,96.

Le tableau 6 rassemble les résultats obtenus en 1963-1964-1965 avec les divers clones de la variété *Golden Delicious* greffés sur franc.

TABLEAU 6

Production des 6 clones de Golden Delicious *greffés sur franc*

Clones étudiés	Année 1963		Année 1964		Année 1965		Product. cumulée 1963-1964-1965	
	Production moyenne en kg	Signif. à P = 0,05	Production moyenne en kg	Signif. à P = 0,05	Production moyenne en kg	Signif. à P = 0,05	Production moyenne en kg	Signif. à P = 0,05
D	23,1	*a*	49,8	*a*	108,3	*a*	181,2	*a*
I	20,1	*a*	44,7	*a*	89,0	*a*	153,8	*a*
J	20,5	*a*	55,3	*a*	101,6	*a*	177,4	*a*
K	21,1	*a*	43,8	*a*	115,0	*a*	179,9	*a*
L	22,8	*a*	53,0	*a*	109,0	*a*	184,8	*a*
M	21,8	*a*	47,5	*a*	96,1	*a*	165,4	*a*
N	16,5	*a*	47,8	*a*	91,8	*a*	156,1	*a*

Les moyennes suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes : dans cet essai aucune différence significative n'est jusqu'ici apparue entre les clones étudiés.

Comme pour l'observation « vigueur », aucune conclusion ne peut être formulée en ce qui concerne les différences de production des divers clones de *Golden Delicious* greffés sur franc. Les mêmes raisons peuvent être probablement invoquées, toutefois il semble que l'irrégularité génétique du franc a une répercussion plus marquée sur la physiologie de la mise à fruits que sur la vigueur.

La comparaison de la production moyenne du clone D de *Golden Delicious* commun aux deux essais a été analysée par le test *t* ; elle est reportée dans le tableau 7.

TABLEAU 7

Comparaison des productions moyennes du clone D greffé sur EM II et sur franc exprimées en kilogrammes

Année 1963		Année 1964		Année 1965	
Greffé/franc	Greffé/EM II	Greffé/franc	Greffé/EM II	Greffé/franc	Greffé/EM II
23,1	14,2	49,8	32,8	108,3	75,1
t calculé	3,06	*t* calculé	3,08	*t* calculé	2,5
t à 0,05	2,15	*t* à 0,05	2,17	*t* à 0,05	2,15
Rapport production F/D 1,62		Rapport production F/D 1,52		Rapport production F/D 1,44	

L'examen de ce tableau montre que la production de *Golden Delicious* est toujours plus importante sur franc que sur EM II et ceci dès la 5e année, ces résultats rejoignent ceux obtenus par LIWERANT dans la région toulousaine.

Poids moyen des fruits

La production d'une variété est un des caractères les plus intéressants pour l'arboriculteur mais elle ne reflète pas toujours la valeur de la récolte qui est influencée par la répartition des fruits dans les diverses catégories (extra, 1er choix, 2e choix) et par leur calibre.

Nous avons donc étudié le poids moyen des fruits chez ces divers clones de *Golden Delicious*.

Nous avons tenté de déterminer l'influence du clone sur le poids moyen des fruits dans l'arbre et dans l'ensemble du verger.

Le tableau 8 rassemble les résultats obtenus en 1963-1964 avec les divers clones de *Golden Delicious* greffés sur EM II.

Dix échantillons de 10 fruits ont été prélevés au hasard dans chaque bloc sur les clones étudiés. L'analyse de variance a été réalisée et les moyennes comparées grâce aux tables de Staude.

L'examen du tableau 8 montre qu'il existe des différences significatives du poids moyen de 100 fruits entre les divers clones.

Il est important de constater également qu'il n'existe pas dans cet essai de relation entre la production et le calibre moyen des fruits, les clones H, A et F les plus vigoureux et les plus productifs sont aussi ceux qui donnent les fruits les plus gros.

Les résultats obtenus sont sensiblement les mêmes au cours des 2 années.

TABLEAU 8

Poids moyen de 100 fruits des 7 clones de Golden Delicious *greffés sur EM II*

Année 1964			Année 1965		
Clones étudiés	Poids moyen de 100 fruits	Signification	Clones étudiés	Poids moyen de 100 fruits	Signification
A	19,1	*a*	A	20,2	*a*
F	18,5	*a*	F	19,4	*a*
H	18,20	*a*	H	18,5	*a*
E	17,8	*b*	D	17,9	*b*
D	17,5	*b*	C	16,9	*c*
C	17,3	*b*	E	16,3	*c*
G	16,9	*b*	G	14,9	*c*
Moyenne générale	*17,90*		*Moyenne générale*	*17,7*	

Le tableau 9 rassemble les résultats obtenus en 1964-1965 avec les divers clones de *Golden Delicious* greffés sur franc.

Le clone K produit durant les deux années les fruits les plus gros ; il est intéressant de constater que les clones N et I donnent des fruits plus petits que les autres clones en 1965, malgré leur faible production. Il est à remarquer en effet que les clones peu productifs ne donnent pas des fruits d'un calibre moyen plus important.

TABLEAU 9

Poids moyen de 100 fruits des clones de Golden Delicious *greffés sur franc exprimé en kilogrammes*

Année 1964			Année 1965		
Clones étudiés	Poids moyen de 100 fruits	Signification	Clones étudiés	Poids moyen de 100 fruits	Signification
K	22,6	*a*	K	24,9	*a*
J	20,6	*b*	L	23,3	*a*
N	20,3	*b*	J	21,4	*b*
L	20,3	*b*	M	20,1	*b*
I	20,0	*b*	I	20,1	*c*
D	19,3	*c*	N	20,7	*c*
M	18,9	*c*			
Moyenne générale :	*20,3*		*Moyenne générale :*	*21,7*	

Il faut également remarquer que le poids moyen des fruits de *Golden Delicious* est plus important sur franc que sur EM II malgré une récolte plus importante.

Pour compléter cette analyse sur le poids moyen des fruits, nous avons, en 1965, calibré la récolte totale de tous les arbres greffés sur EM II clone par clone et bloc par bloc.

Les différences de calibre entre les clones confirment entièrement les résultats obtenus sur les poids moyens et montrent ainsi que la méthode d'échantillonnage était bonne.

Les résultats du calibrage et son interprétation par le criterium χ^2 sont reportés dans le tableau 10.

TABLEAU 10

Répartition, par classe de poids des fruits, de 7 clones de Golden Delicious *greffés sur EM II, en kilogrammes*

Clones étudiés	250 g	250-200 g	150-200 g	100-150 g	100 g	Signification du X^2
A	20	333	138	50	1	*a*
H	11	320	198	79	4	*a*
F	22	253	123	43	3	*a*
C	11	194	166	94	6	*b*
D	5	257	215	103	8	*b*
E	15	212	144	67	7	*b*
G	4	237	179	73	4	*b*

L'interprétation par le critérium χ^2 de la répartition dans les différents calibres confirme l'analyse de variance réalisée sur le poids moyen des fruits (tabl. 8).

Les valeurs calculées du χ^2 sont souvent hautement significatives, ainsi par exemple, pour les clones A, H et F et le clone C elles sont respectivement de 56,2, 18,44 et 31,3, valeur du χ^2 à P = 0,01 pour 4 DL = 13,28.

Les clones A, H et F se montrent donc encore une fois supérieurs en ce domaine comme ils l'ont été pour la vigueur et la production.

Russeting

Le *Russeting* provoque souvent sur *Golden Delicious* une baisse sensible de la valeur des fruits ; nous avons voulu vérifier si certains clones y étaient plus sensibles que d'autres.

Pour ce faire nous avons classé les fruits de divers clones en tenant compte du pourcentage de la surface atteinte sans considérer la localisation de cette surface.

Dans le tableau 11 sont rassemblés les résultats obtenus en 1965 sur les clones de *Golden Delicious* sous forme de pourcentage de fruits classés dans un groupe donné.

Le criterium χ^2 ne s'appliquant pas aux pourcentages, nous avons utilisé le test 2 $\widehat{I}$.(1)

(1) Le critérium 2 $\widehat{I}$ est utilisable pour l'analyse statistique de résultats de dénombrements. Pour calculer 2 $\widehat{I}$ il faut disposer d'au moins 2 sources d'informations, l'une pour établir une classification par colonne, l'autre pour établir une classification par rang.

Seul le clone C apparaît différent au point de vue sensibilité au *russeting* $2\widehat{I} = 32{,}34$ χ^2 6 DL à P = 0,01 = 16,81.

Il faut noter par ailleurs que le clone C est le moins vigoureux des clones étudiés sur EM II ; cela semble confirmer les travaux de certains chercheurs américains qui ont montré une bonne relation entre la vigueur et l'apparition du *Russeting*.

TABLEAU II

Pourcentage de la récolte, exprimé en intensité du Russeting *pour chaque clone de* Golden Delicious *greffé sur EM II*

Clones étudiés	Pourcentage de la surface atteinte par le *Russeting*							Signific. du critérium $2\widehat{I}$
	0	5	10	15	20	25	30	
A	3	30	46	11	3	1	6	*a*
C	22	44	23	6	3	1	1	*b*
D	4	31	37	12	3	5	8	*a*
H	6	50	28	6	2	3	5	*a*
E	5	42	46	4	1	2	0	*a*
F	6	30	53	2	4	2	3	*a*

IV. — DISCUSSION

Quelle est l'origine de cette variabilité concernant la vigueur, la productivité et le calibre des fruits entre les divers clones de *Golden Delicious* étudiés ?

Il est encore difficile de se prononcer. Elle peut être d'ordre génétique, bien que les premiers travaux portant sur la biométrie des feuilles ne semblent pas confirmer cette hypothèse ; elle pourrait s'expliquer par des différences dans l'état sanitaire des clones étudiés.

Les premiers indexages réalisés ont révélé un très mauvais état sanitaire de la variété *Golden Delicious* ; il semble donc que la sélection sanitaire entreprise sur cette variété puisse apporter rapidement une amélioration importante dans le domaine de la vigueur, de la productivité et du poids moyen des fruits ; nous avons à nouveau réalisé un essai clonal comparatif de *Golden Delicious* comprenant les souches qui se sont révélées les meilleures : H, A, F et des clones sans virus (guéris par thermothérapie) provenant de divers pays (U. S. A., Angleterre, Suisse).

V. — CONCLUSION

Ces essais réalisés dans la région bordelaise et portant sur la comparaison de divers clones de *Golden Delicious* sur deux porte-greffes ont permis de mettre en évidence des différences significatives en ce qui concerne la vigueur, la productivité et le calibre des fruits.

Trois clones, A, F et surtout H, se révèlent agronomiquement plus intéressants que les autres.

D'une façon générale, la vigueur, la productivité et le calibre des fruits sont plus importants sur les arbres greffés sur franc que sur les arbres greffés sur EM II.

On peut penser raisonnablement que la diffusion du clone H, qui s'est révélé le plus intéressant, peut augmenter le potentiel de production de la variété *Golden Delicious* de 20 à 30 p. 100 ce qui représente une très sensible amélioration.

Il serait prématuré de formuler un jugement définitif sur l'origine de la variabilité observée entre les divers clones mais les recherches en cours, notamment les tests d'état sanitaire, devraient permettre de préciser les causes de cette variabilité.

Pour l'immédiat, sur le plan agronomique, la diffusion du clone H serait à préconiser, dans la mesure où elle serait réalisée dans des conditions d'état sanitaire systématiquement contrôlé.

Reçu pour publication en avril 1966.

SUMMARY

CONTRIBUTION TO THE CLONAL SELECTION OF THE APPLE VARIETY GOLDEN DELICIOUS

Introduction and comparative trials of 13 clones of the variety *Golden Delicious* at the Station de Recherches d'Arboriculture fruitière de Pont-de-la-Maye (La Grande-Ferrade) showed very important differences in these clones.

One of them, the clone H, is much better than the other ones for growth, yield and size of fruits.

Origine of the variability which have been observed among the 13 clones is discussed. Present trials will probably put out its causes.

Propagation of the clone H after phytosanitary control would increased the yield of the variety *Golden Delicious* by 20-30 per cent.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

HEYNARD, F. 1956. Contribution à l'étude du climat bordelais. *La Météorologie*, **4**, 43.

RIVES M., 1959. Sur la comparaison des moyennes dans les essais variétaux. *Ann. Amélior. Plantes*, **3**.

DUFRENOY J., 1960. *L'Information cours du C. N. A. M.* C. D. U.

DUFRENOY J., 1960. *C. R. Acad. Agric.*, **139**.

LIWERANT, 1964. Relation entre le porte-greffe et la productivité du pommier en forme libre. *C. R. Acad. Agric. Fr.*, **12**.

ROBIN F., 1965. La production et le marché des fruits et légumes en 1964. *C. R. Acad. Agric. Fr.*,**8**

Ann. Amélior. Plantes, 1966, **16** (2), 211-214.

NOTE TECHNIQUE

LA MULTIPLICATION VÉGÉTATIVE CHEZ LE SAINFOIN (*ONOBRYCHIS SATIVA*)

M.-T. CHESNEAUX

Station d'Amélioration des Plantes fourragères, 86 – Lusignan

La multiplication végétative du sainfoin a toujours été donnée comme difficile par les chercheurs qui se sont intéressés à cette plante. L'obtention de clones ou de boutures était, dans l'ensemble, vouée au même échec. Même la transplantation de plantes adultes est extrêmement délicate et le risque de mortalité durant cette opération est élevé. Cependant, pour plusieurs raisons, il était souhaitable d'améliorer les résultats : des techniques nouvelles ont été expérimentées avec des pourcentages de réussite satisfaisants.

I. — INTÉRÊT DE LA MULTIPLICATION VÉGÉTATIVE

Le sainfoin, plante fourragère allogame et pérenne est très fortement autostérile comme l'ont montré les travaux de J. R. THOMSON (Grande-Bretagne, 1951) et I. BOCSA et S. HEJJA (Hongrie, 1963), confirmés par des observations que nous avons pu faire de 1962 à 1965 : sur 250 plantes autofécondées, le pourcentage moyen de gousses obtenues par rapport au nombre de fleurs a été de 5 p. 100. De plus, le caractère monocarpique de cette plante ne permet d'obtenir qu'un nombre très restreint de graines.

Le nombre de graines obtenues par croisement à la main dans le cas d'hybridation ou de croisements « frère × sœur » est également insuffisant. Dès lors, si l'on désire croiser des pantes entre elles, la solution la plus efficace, dans tous les cas, est l'isolement géographique. Pour la réaliser, il faut donc pouvoir transplanter et multiplier végétativement les plantes retenues. Cette nécessité se trouve encore renforcée car, la pérennité étant toujours assez fluctuante chez le sainfoin, la conservation des plantes-mères constituant le noyau de départ des variétés ne peut être réalisée que par des multiplications végétatives répétées.

II. — MATÉRIEL ET TECHNIQUES

1. *Protocole expérimental*

Une série de 6 essais de bouturage a été entreprise à la Station de Lusignan en 1964 et 1965, à des époques très différentes de façon à faire varier le stade physiologique de développement des plantes au moment du prélèvement des boutures.

I. — 29-5-1964 plantes en pleine floraison.
II. — 7-7-1964 repousse de 20 cm après la première coupe.
III. — 11-3-1965 plantes en rosette.
IV. — 27-4-1965 pousse de 30 à 40 cm, quelques boutons floraux sur les plantes les plus précoces.
V. — 9-6-1965 repousse de 10 cm après la première coupe.
VI. — 10-8-1965 plantes très développées, fleuries dans l'ensemble.

Les plantes éclatées provenaient de pépinière, étaient âgées d'au moins un an, et appartenaient soit au type simple, soit au type double.

FIG. 1. — *Éclat avant et après enracinement*

2. Mode opératoire

Un essai préliminaire effectué en 1963 avait permis de déterminer la meilleure façon de procéder : les boutures de tiges n'ayant donné aucun résultat, seuls furent retenus les éclats comprenant une partie aérienne (une ou plusieurs tiges) et un fragment de la racine principale coupée en biseau (voir fig. 1).

Le bouturage a eu lieu en serre dans des bacs en fibro-ciment drainés à leur partie inférieure, remplis de sable assez fin stérilisé. Une pulvérisation constante d'eau était assurée par une rampe comportant des jets à faible débit permettant une humidification constante des parties aériennes couvertes en permanence de fines gouttelettes d'eau. La température de la serre n'a pas été contrôlée de façon rigoureuse, mais n'est jamais descendue au-dessous de 15° dans les essais de printemps.

III. — RÉSULTATS OBSERVÉS

L'ensemble des résultats est donné dans le tableau suivant.

Date de bouturage	Type de plantes	Nombre de plantes	Nombre de boutures prélevées	Pourcentage de boutures enracinées après 21 jours	
				Moyenne	Extrêmes par plantes
1964					
29-5	Simple	4	40	55,0	40 — 60
	Double	4	40	40,0	20 — 50
7-7	Simple	1	10	90,0	
	Double	1	10	40,0	
1965					
11-3	Simple	12	198	76,8	35 — 100
	Double	11	173	75,6	44 — 100
27-4	Simple	12	120	52,5	0 — 100
	Double	8	80	52,5	10 — 90
9-6	Simple	4	82	85,5	75 — 90
	Double	4	81	77,8	65 — 95
10-8	Simple	4	80	81,5	55 — 100
	Double	4	80	62,5	20 — 85

— Une analyse de variance a été faite pour chaque série de résultats de façon à faire apparaître d'éventuelles différences significatives pour l'aptitude au bouturage de l'un ou de l'autre type à une date déterminée. Tous les tests t sont non significatifs ainsi qu'un test t global tendant à comparer l'ensemble des types simples et doubles indépendamment de la date de bouturage (t : 1,25 pour 64 degrés de liberté).

Par contre, il existe une différence très significative entre dates de prélèvement indépendamment des types. La comparaison des résultats de l'essai du 27 avril 1965 et de l'ensemble des autres essais a donné la valeur $t = 2{,}90$ pour 64 degrés de liberté. Ceci indique que cette période correspondant à la préfloraison des plantes est nettement moins favorable qu'une autre au bouturage.

— Les quelques échecs enregistrés le sont au niveau de la plante individuelle et correspondent, soit à des plantes plus ou moins faibles ou en mauvais état sanitaire, soit à des génotypes difficiles à multiplier.

— Dans quelques cas, l'enracinement a été de 100 p. 100 dès un premier comptage effectué après quinze jours. Mais pour plus de sécurité, il semble préférable d'attendre trois semaines pour procéder au repiquage en champ ou en pot. La reprise des boutures n'a pas présenté la moindre difficulté à ce passage. Par contre, la poursuite du bouturage au-delà de trois semaines peut provoquer l'altération des racines par excès d'humidité.

Il faut noter également une très grande différence dans le développement des plantes entre l'année 1964 et l'année 1965 due aux conditions climatiques :

Avril à juillet 1964 292 mm de pluie après hiver rigoureux
Avril à juillet 1965 170 mm de pluie après hiver doux.

En conclusion, il est désormais possible de multiplier végétativement le sainfoin, avec un équipement très restreint et peu coûteux. On peut donc envisager d'appliquer cette technique à toutes autres plantes réfractaires au bouturage, elle peut être aussi utilisée pour hâter la formation de racines pour des espèces relativement longues à enraciner (arbustes par exemple).

Reçu pour publication en mai 1966.

RECOMMANDATIONS AUX AUTEURS

Le manuscrit doit être dactylographié sur papier format 21 × 27, avec un double interligne, au recto seulement. Chaque page sera numérotée et des feuilles séparées seront utilisées pour les références bibliographiques, les tableaux, les légendes des figures et graphiques, etc.

Au début de chaque mémoire, on indiquera : — *le titre du mémoire :* il ne devra pas comporter d'abréviations ni de formules chimiques (sauf pour les isotopes) ; — *le nom des auteurs,* précédé des initiales du prénom pour les hommes, du prénom complet pour les femmes ; — *le nom des techniciens* ayant collaboré à l'étude relatée, précédé de la mention : avec la collaboration technique de... ; — *le nom de l'établissement,* dans lequel ont été effectuées les recherches et son adresse.

Les mémoires seront rédigés, autant que possible, d'après le plan ci-dessous :
a) *sommaire :* résumé suffisamment précis pour que sa lecture renseigne sur la nature du travail et son importance ; b) *introduction,* dans laquelle on indique l'objet des recherches entreprises en relation avec les travaux déjà effectués dans le domaine ; c) *techniques expérimentales et matériel utilisé,* en donnant, sous une forme concise, tous les détails nécessaires pour que le lecteur puisse répéter les expériences ; d) *résultats,* à présenter de la manière la plus brève possible ; e) *discussion et conclusion ;* f) *résumé* destiné à être traduit en anglais comportant une analyse *complète* de l'article ; g) *remerciements* pour les collaborations, les fonds, les dons... ; h) *références bibliographiques.*

Les travaux originaux en anglais doivent présenter la même composition que les mémoires rédigés en français, mais ils comportent obligatoirement un résumé français très *complet* placé en tête de l'article. Les figures, graphiques, tableaux et photographies seront sous-titrés en français.

Pour les autres documents (notes, mises au point, revues, rapports, etc.) l'auteur devra suivre un plan logique et le mettre en évidence par une titration appropriée.

Les références bibliographiques doivent être citées dans le texte de la manière suivante : (DUPONT et DUVAL, 1954). Lorsque la référence comporte plus de trois auteurs, seul le premier auteur sera mentionné, suivi de : et *al.* A la fin de l'article, les références constituant la bibliographie doivent être citées par ordre alphabétique des noms d'auteurs, et par ordre de dates pour un même auteur.

Pour les articles : le (s) nom (s) de (s) auteur (s) suivi (s) des initiales du (des) prénom (s) ; la date de parution de l'article ; le titre de l'article (dans la langue originale pour l'allemand, l'anglais, l'italien, l'espagnol et en français dans tous les autres cas, avec indication entre parenthèses de la langue d'origine, sauf si l'auteur étranger a sous-titré dans l'une des quatre langues mentionnées) ; le titre du périodique en abrégé selon la World List of Scientific Periodicals, ou le Bulletin Signalétique du C. N. R. S. ; le volume ; la première et la dernière page de l'article.

Pour les ouvrages : le nom de l'auteur avec les initiales du prénom ; la date de l'édition ; le titre complet de l'ouvrage dans la langue originale, sans abréviations (pour les langues utilisant des alphabets autres que l'alphabet latin, la traduction du titre sera donnée entre parenthèses, avec mention de la langue d'origine); le volume ; la première et la dernière page du paragraphe se rapportant aux résultats discutés, et, si l'on cite l'ouvrage en entier, le nombre de volumes et le nombre total de pages ; le numéro de l'édition s'il y en a plusieurs ; le nom de l'éditeur ; le lieu de l'édition. Si l'ouvrage est collectif, on indiquera en plus le nom de l'auteur du chapitre cité, le nom des rédacteurs principaux, précédé de la mention « in », le titre de l'ouvrage.
La mention « communications personnelles » ou « données non publiées » etc. doit être faite entre parenthèses. Lorsque l'auteur a relevé une référence dans une revue d' « Abstracts », le mentionner à la fin de la référence, entre parenthèses.

Les tableaux, dessins, graphiques, cartes, photographies, doivent être fournis à part. Les tableaux et figures doivent faire l'objet de deux numérations distinctes, en chiffres arabes l'une et l'autre.
Les auteurs peuvent disposer leurs tableaux soit dans le sens de la largeur de la revue, soit dans le sens de la longueur. Dans le sens de la largeur, le total des signes et des espaces disponibles est de 100. Dans le sens de la longueur, il est de 155. Les tableaux en longueur, c'est-à-dire ceux pouvant disposer de 155 signes, ne seront admis que s'ils comprennent plus de 8 lignes de chiffres, de manière qu'une page entière de la revue ne soit pas occupée par un tableau très long et très étroit.
Les graphiques ne doivent pas faire double emploi avec les tableaux.
Les légendes et les énoncés des graphiques et dessins doivent être dactylographiés sur une feuille séparée et porter les numéros des figures.

Les graphiques, schémas, cartes, dessins d'appareils seront envoyés *à l'état de projets,* leur exécution définitive étant confié au Bureau de Dessin de l'I. N. R. A. Seules deux réductions à l'impression sont admises : *soit* + 0,5. *soit* × 0.25.
Il est rappelé que le format utile des Annales est : 16 × 12,5 cm ; ces dimensions ne doivent pas être dépassées.

Photographies : Il est recommandé de fournir des épreuves bien contrastées sur papier blanc, et de préférence en format 9 × 12. Si les photographies doivent être associées pour constituer des planches, on adoptera les normes suivantes : 2 photos 9 × 12, 4 photos 9 × 5,5, 6 photos 5,5 × 5,5. Dans ce cas, chaque photo devra porter un numéro en chiffres arabes visible après clichage.
Les légendes des photographies doivent être dactylographiées sur feuilles séparées et porter les numéros des figures.

Correction des épreuves : les auteurs recevront deux épreuves à corriger. Les corrections « d'auteur » ne sont autorisées que sur le premier jeu d'épreuves.

Envoi du manuscrit : M. MAYER, Centre national de Recherches agronomiques, Versailles (Seine-et-Oise), France. On demande deux exemplaires.

INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE

149, rue de Grenelle, PARIS-VII^e. Tél. : INV. 41-09.

Directeur général : J. BUSTARRET

Inspecteurs généraux : G. DROUINEAU
R. FÉVRIER
P. MORNET

Rédaction des Annales

Pour l'ensemble des Séries : J. BUSTARRET

Agronomie. — S. HÉNIN, Chef du Département Agronomie.
H. GESLIN, Chef du Département Bioclimatologie.

Physiologie végétale. — Y. COÏC, Chef du Département Physiologie végétale.

Amélioration des Plantes. — R. MAYER, Chef du Département Génétique et Amélioration des Plantes.

Épiphyties. — H. DARPOUX, Chef du Département Pathologie végétale.
B. TROUVELOT, Chef du Département Zoologie agricole.
G. VIEL, Directeur du Laboratoire de Phytopharmacie.

Abeille. — J. LOUVEAUX, Directeur de la Station de Recherches sur l'Abeille et les Insectes sociaux.

Zootechnie. — A.-M. LEROY, Professeur honoraire à l'Institut national agronomique.
R. FÉVRIER, Inspecteur général de la Recherche agronomique.
R. PÉRO, Chef du Département Recherches sur l'Élevage.
J. POLY, Chef du Département Génétique animale.

Technologie agricole. — M. FLANZY, Chef du Département Technologie des Produits végétaux.
G. MOCQUOT, Chef du Département Technologie des Produits animaux.

Biologie animale, Biochimie, Biophysique. — A. FRANÇOIS, Chef du Département Recherches de Nutrition.
C. THIBAULT, Chef du Département Physiologie animale.

ADMINISTRATION ET SECRÉTARIAT DE LA RÉDACTION :
Service des Publications de l'I. N. R. A.,
route de Saint-Cyr, 78-VERSAILLES, Tél. : 950-75-22

TARIF DES ABONNEMENTS POUR 1966

	FRANCE	ÉTRANGER	LE N°
AGRONOMIE	75 F	81 F	15 F
AMÉLIORATION DES PLANTES	55 F	59 F	15 F
ÉPIPHYTIES	55 F	59 F	15 F
ZOOTECHNIE	55 F	59 F	15 F
TECHNOLOGIE	55 F	59 F	15 F
BIOLOGIE ANIMALE	55 F	59 F	15 F
PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE	50 F	54 F	14 F
ABEILLE	40 F	44 F	12 F

Chaque demande de changement d'adresse doit être accompagnée de 1 F en timbres-poste.

Les demandes d'abonnements doivent être adressées au Service des Publications de l'Institut national de la Recherche agronomique, route de Saint-Cyr, 78-VERSAILLES.
Règlement : par chèque bancaire à l'ordre du Régisseur des Publications de l'I. N. R. A., par virement postal à son compte courant : 9064-43 Paris, sans mentionner d'adresse, ou par bons U.N.E.S.C.O.
Les demandes peuvent être souscrites également par l'intermédiaire des libraires dans les conditions habituelles.
A Paris, bureau de vente, 11, rue Jean Nicot (7^e).

TABLE DES MATIÈRES

M. ARNOUX. — Influence des facteurs du milieu sur l'expression de la sexualité du Chanvre monoïque (*Cannabis sativa* L.). II. — Action de la nutrition azotée 123

P. LECLERCQ. — Une stérilité mâle utilisable pour la production d'hybrides simples de Tournesol 135

D. BOUBALS. — Étude de la distribution et des causes de la résistance au Phylloxéra radicicole chez les Vitacées 145

E. POCHARD. — Données expérimentales sur la sélection du Piment (*Capsicum annuum* L.). 185

C. MARENAUD, J.-M. LESPINASSE. — Contribution à la sélection clonale des pommiers *Golden Delicious* 199

Note technique.

M.-T. CHESNEAUX. — La multiplication végétative chez le Sainfoin (*Onobrychis sativa*). 211

CONTENTS

M. ARNOUX. — The influence of environment on sexual expression in monœcious Hemp (*Cannabis sativa* L.). II. — The effect of nitrogen nutrition..... 123

P. LECLERCQ. — A male sterility available for the production of single-cross Sunflowers.. 135

D. BOUBALS. — A study of the distribution and causes of resistance to radicicolous phylloxera in the *Vitaceae* 145

E. POCHARD. — Experimental data on the selection of Bell-pepper (*Capsicum annuum* L.). 185

C. MARENAUD, J.-M. LESPINASSE. — Contribution to the clonal selection of the apple variety *Golden Delicious* 199

Technical note.

M.-T. CHESNEAUX. — Vegetative multiplication in Sainfoin (*Onobrychis sativa* L.) 211

I.N. 660 380 051 024.2